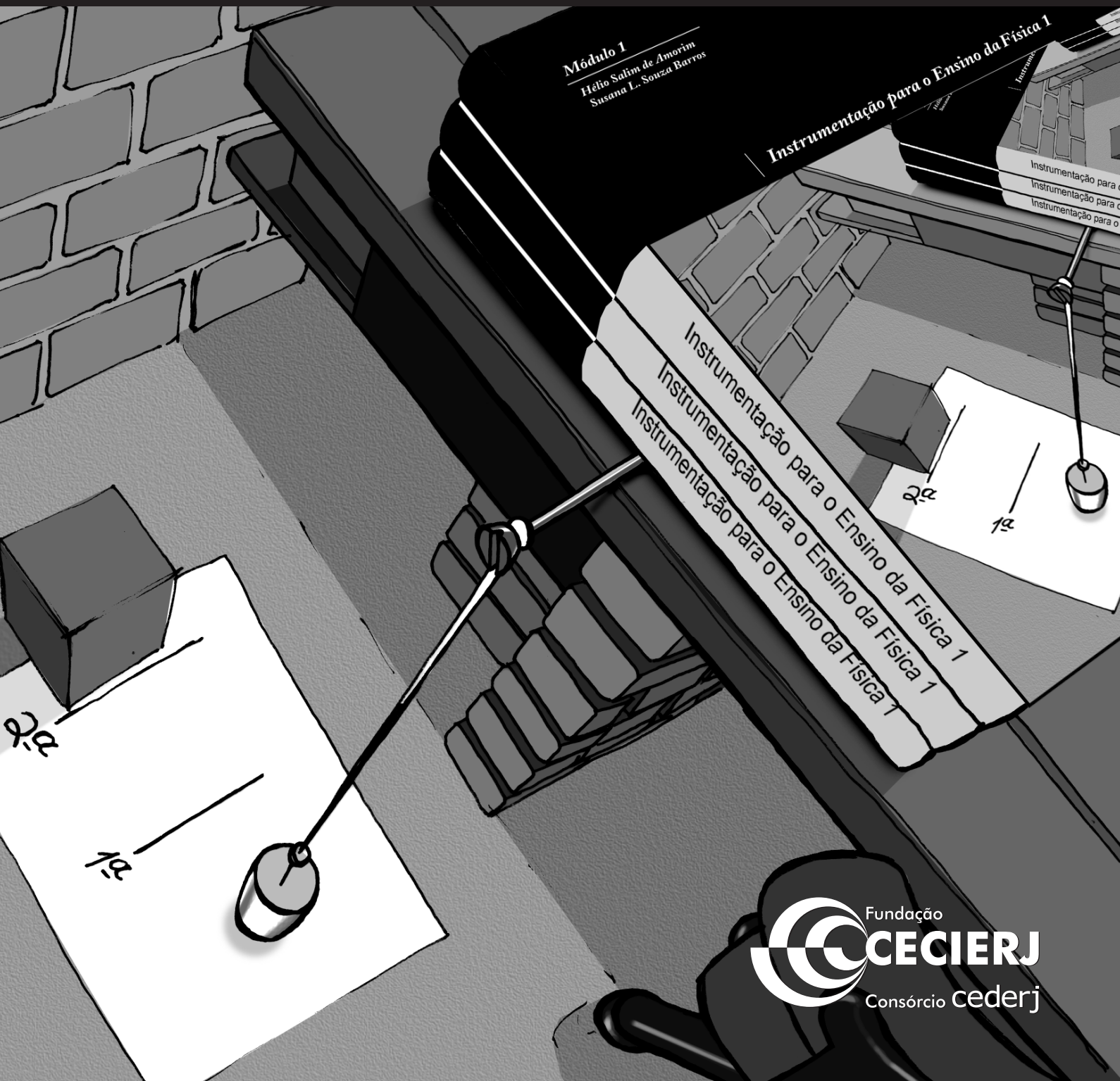
Módulo 1 **Volume** 1

Hélio Salim de Amorim
Susana L. de Souza Barros

Instrumentação para o Ensino da Física 1



Fundação CECIERJ
Consórcio cederj

Fundação CECIERJ

Consórcio cederj

Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro

Instrumentação para o Ensino da Física 1

Volume 1 - Módulo 1

Hélio Salim de Amorim
Susana L. de Souza Barros

GOVERNO DO Rio de Janeiro

SECRETARIA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Ministério da Educação

BRASIL UM PAÍS DE TODOS GOVERNO FEDERAL

Apoio:

FAPERJ
Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro

Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Rua Visconde de Niterói, 1364 – Mangueira – Rio de Janeiro, RJ – CEP 20943-001
Tel.: (21) 2334-1569 Fax: (21) 2568-0725

Presidente
Masako Oya Masuda

Vice-presidente
Mirian Crapez

Coordenação do Curso de Física
Luiz Felipe Canto

Material Didático

ELABORAÇÃO DE CONTEÚDO
Hélio Salim de Amorim
Susana L. de Souza Barros

EDITORA
Tereza Queiroz

COORDENAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL
Cristine Costa Barreto

DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL E REVISÃO
Anna Maria Osborne
Luciana Messeder

COORDENAÇÃO DE AVALIAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO
Débora Barreiros

AVALIAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO
Letícia Calhau

REVISÃO TIPOGRÁFICA
Cristina Freixinho
Elaine Bayma

COORDENAÇÃO GRÁFICA
Jorge Moura

PROGRAMAÇÃO VISUAL
Sanny Reis

ILUSTRAÇÃO
Sami Souza

CAPA
Sami Souza

PRODUÇÃO GRÁFICA
Patricia Seabra

Copyright © 2007, Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada, por qualquer meio eletrônico, mecânico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização, por escrito, da Fundação.

A524i

Amorim, Hélio Salim de.
Instrumentação para o ensino da física 1. v. 1 / Hélio Salim de Amorim; Susana L. de Souza Barros. – Rio de Janeiro : Fundação CECIERJ, 2007.
174p.; 21 x 29,7 cm.

ISBN: 978-85-7648-363-2

1. Ensino de Física. 2. Laboratório didático. 3. Livro didático. 4. Recursos audiovisuais. I. Barros, Susana L. de Souza. II. Título.

CDD: 530.7

2009/2

Referências Bibliográficas e catalogação na fonte, de acordo com as normas da ABNT.

Governo do Estado do Rio de Janeiro

Governador
Sérgio Cabral Filho

Secretário de Estado de Ciência e Tecnologia
Alexandre Cardoso

Universidades Consorciadas

UENF - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO
Reitor: Almy Junior Cordeiro de Carvalho

UERJ - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
Reitor: Ricardo Vieiralves

UFF - UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
Reitor: Roberto de Souza Salles

UFRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Reitor: Aloísio Teixeira

UFRRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
Reitor: Ricardo Motta Miranda

UNIRIO - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
Reitora: Malvina Tania Tuttman

SUMÁRIO

Introdução 7

Aula 1 – Modelos de construção de equipamentos e instrumentos 15

Aula 2 – O laboratório didático: metodologias e exemplos (I) 37

Aula 3 – O laboratório didático: metodologias e exemplos (II) 55

Aula 4 – O laboratório didático: metodologias e exemplos (III) 61

Aula 5 – Experimentos de baixo custo: tratamento e análise de dados em Física Experimental (I) 67

Aula 6 – Experimentos de baixo custo: tratamento e análise de dados em Física Experimental (II) 85

Aula 7 – Experimentos de baixo custo: tratamento e análise de dados em Física Experimental (III) 99

Aula 8 – O livro didático no ensino de Física 117

Aula 9 – Tecnologia para o ensino: os recursos audiovisuais (I) 147

Referências 171

Introdução às disciplinas Instrumentação para o Ensino da Física (IPEF) 1 e 2

Introdução

> *Além das características espontâneas do indivíduo, tais como a ´arte´ de ensinar, habilidades e motivação, qualidades necessárias mas não suficientes, a formação de um professor requer que se reconheça o ensino como um ofício a ser adquirido através de trabalho árduo e dedicação. Assim, é importante destacar que a formação de um professor competente deve envolver um amplo espectro de habilidades, relacionadas com esse ofício, que deverá se refletir na qualidade do seu ensino, cuja prioridade primeira é responder plenamente pelo desenvolvimento intelectual dos seus alunos.*

OBJETIVOS GERAIS

As disciplinas Instrumentação para o Ensino de Física 1 e 2 têm por meta trabalhar os conteúdos de Física dos ensinos Fundamental e Médio, na perspectiva das metodologias e das tecnologias de ensino, com vistas à sua aplicação em sala de aula.

Os componentes da instrumentação são os recursos facilitadores do ensino-aprendizado, dos quais o professor deve ter domínio para a construção do seu dia-a-dia na sala de aula. A elaboração de um curso de Física ou mesmo a simples preparação de uma aula compreendem diversos esforços dentre os quais devemos citar:

a. domínio conceitual da Física, transposta para os níveis do ensino básico;

b. conhecimento crítico e familiarização dos materiais disponíveis: bibliografia específica (livros-texto), material didático sob a forma de *software* e vídeos, *sites* específicos na internet e lista de Museus de Ciência;

c. uso de tecnologias educacionais (laboratório, informática e vídeo);

d. metodologias de ensino apropriadas para os diversos públicos, decorrentes dos estudos de aprendizagem e cognição;

e. estratégias do trabalho com os alunos em sala de aula, que vão da aula discursiva convencional bem ilustrada até a aula de participação dos trabalhos dos alunos, discussão em grupo, demonstrações etc.;

f. conhecimento do uso do ferramental básico para a preparação de atividades simples;

g. organização de atividades extra-classe e aproveitamento das ofertas do ensino informal, visitas a laboratórios e Museus interativos.

A orientação das disciplinas Instrumentação para o Ensino de Física (IPEF) 1 e 2 é de que todos os recursos facilitadores possam convergir para a preparação de um professor de Física que venha a agir com independência, ensinando futuramente 'as primeiras letras' com boa fundamentação. Para tanto, a instrumentação deve assegurar que o caráter experimental da Física seja dominado criticamente e se integre objetivamente em todos os seus esforços futuros como educador.

A análise de metodologias é, por sua vez, fortemente dependente do grupo para o qual o curso de Física é dedicado. Serão levantados os aspectos específicos relacionados ao Ensino Básico (Fundamental e Médio) e às diferentes profissionalizações como o curso Normal e os diferentes cursos Técnicos, o Supletivo e os cursos noturnos.

OBJETIVOS E ORGANIZAÇÃO DA IPEF 1 (CARGA: 60 HORAS/ SEMESTRE)

A disciplina IPEF 1 tem uma abordagem mais geral, desenvolvendo habilidades e capacidades básicas para o ensino de Física, e é também preparatória para a IPEF 2. A disciplina se organiza em um conjunto de módulos que serão definidos a cada início de semestre, na seção CRONOGRAMA DO CURSO. Cada módulo compreende uma ou mais aulas, em que vamos procurar conhecer recursos básicos de instrumentação, por meio de tarefas programadas relacionadas aos seguintes pontos:

– familiarização com materiais didáticos disponíveis comercialmente;

– utilização de laboratórios, de recursos de informática e de vídeos;

– formas de comunicação em sala de aula;

– uso de ferramentas básicas para a montagem de atividades didáticas simples;

– atividades extra-classe e aproveitamento de espaços especiais como Museus interativos;

– métodos de avaliação diagnóstica, formativa e somativa.

Em cada MÓDULO faremos também uma revisão conceitual completa da área da Física correspondente e uma análise dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN/MEC-2002) e da Revisão Curricular/SEE-RJ/2005.

O período médio de execução de uma aula é de duas semanas e a previsão é a realização de um conjunto de até sete MÓDULOS por semestre letivo. Ao final de cada aula, o aluno deverá apresentar um RELATÓRIO com as respostas às perguntas objetivas formuladas, textos desenvolvidos em relação às propostas apresentadas e o material didático solicitado. O RELATÓRIO receberá uma nota em que o domínio conceitual da área de Física correspondente e a redação de português correta serão particularmente observados.

OBJETIVOS E ORGANIZAÇÃO DA IPEF 2 (CARGA: 40 HORAS/ SEMESTRE)

A disciplina IPEF 2 se desenvolve em torno de um conjunto de atividades práticas relacionadas diretamente à preparação de aulas. Como na IPEF I, as atividades serão definidas a cada início de semestre, na seção CRONOGRAMA DE ATIVIDADES. Cada atividade corresponde a um PLANO DE AULA para um intervalo padrão de 50 minutos, que envolve a seleção do tema específico, análise dos Parâmetros Curriculares Nacionais, a escolha do livro-texto e da bibliografia complementar, o preparo de material didático e o método de avaliação.

O preparo do material didático deverá envolver a seleção de material audiovisual e a elaboração de uma atividade prática. O método de avaliação deverá sempre conter atividades "para casa" que podem incluir leituras, atividades práticas e uma lista com exercícios e problemas.

Cada aluno receberá um conjunto de temas para serem desenvolvidos individualmente ao longo do semestre letivo.

Ao final do curso, cada aluno terá desenvolvido um PLANO DE AULA em cada uma das áreas da Física e utilizado um livro-texo diferente em cada projeto. Ao final de cada projeto o aluno terá um prazo de uma semana para a apresentação de um relatório sob a forma de PLANO DE AULA COMENTADO, ao qual será atribuído uma nota.

Dentro da programação de atividades do semestre, vamos encontrar alguns trabalhos a serem realizados nos laboratórios instalados

nos pólos. Todas essas atividades precisam ser agendadas previamente. Nos pólos você encontrará equipamentos e materiais necessários para a realização dos trabalhos bem como o apoio de monitores. A familiarização com ferramentas e instrumentos pertinentes faz parte dos objetivos programáticos do curso.

A avaliação será feita por meio das notas atribuídas a cada projeto e de uma prova prática.

BIBLIOGRAFIA GERAL DOS CURSOS IPEF 1 E 2

A lista seguinte contém a relação de livros didáticos de Física, para o Ensino Fundamental e o Ensino Médio, produzidos em Língua Portuguesa, pelas principais editoras do país. Esta lista é atualizada permanentemente mas podem existir algumas omissões. Como parte integrante das atividades iniciais do curso, cabe a cada aluno tomar contato com os livros didáticos na área de Física, editados em Língua Portuguesa, conhecer os autores e as editoras e assim contribuir para completar a lista. Além dos livros didáticos, relacionamos um conjunto de livros técnicos de apoio e de revistas de forte impacto na atividade do professor. A maioria destes livros e revistas pode ser encontrada nas bibliotecas dos pólos.

LIVRO-TEXTO

CABRAL, Fernando; LAGO, Alexandre. *Física*. São Paulo: Harbra, 2002.

CHIQUETTO, Marcos José. *Física*. São Paulo: Scipione, 1996.

GASPAR, Alberto. *Física*: volume único. São Paulo: Ática, 2003.

GONÇALVES FILHO, Aurélio; TOSCANO, Carlos. *Física*: volume único. São Paulo: Scipione, 1997.

GRUPO de Reelaboração do Ensino da Física. *Física*. 7. ed. São Paulo: EDUSP, 2001. 3v.

GUIMARÃES, Luiz Alberto; FONTE BOA, Marcelo. *Física para o segundo grau*. São Paulo: Harbra, 1997.

KAZUHITO,Yamamoto; SHIGEKIYO, Carlos T.; FUKE, Luiz Felipe. *Alicerces da física*. 10. ed. São Paulo: Scipione, 1996. 3v.

LUZ, Antônio Máximo; ALVARENGA, Beatriz Alvarenga. *Curso de física*: 2º grau. Rio de Janeiro: Scipione, 1997. 3v.

RAMALHO JUNIOR, Francisco; SOARES, Paulo A. de Toledo; FERRARO, Nicolau Gilberto. *Os fundamentos da física*. 8. ed. São Paulo: Moderna, 2003. 3v.

SAMPAIO, José Luiz Pereira ; CALÇADA, Caio Sérgio Vasques. *Física*: volume único. São Paulo: Saraiva, 1998.

_____; CALÇADA, Carlos Sérgio Vasques. *Universo da física*. São Paulo: Atual, 2001. 3v.

TORRES, Carlos Magno Azinaro; PENTEADO, Paulo Cesar Martins. *Física, ciência e tecnologia*. São Paulo: Moderna, 2001. 3v.

VALENTIN, Barbara; PAGLIARI, Estéfano; CHIQUETO, Marcos José. *Aprendendo física*. São Paulo: Scipione, 2000. 3v.

VILLAS BÔAS, Newton; DOCAS, Ricardo Helon; BISCOULA, Gualter José. *Tópicos de física 1, 2 e 3*. São Paulo: Saraiva, 2001. v. 1 e 2.

MATERIAL DE APOIO

BRAGA, Newton C. *Curso básico de eletrônica*. São Paulo: Saber, [199?].

_____. *Fontes de alimentação*. São Paulo: Saber, 2003.

BUSSELLE, Michael. *Tudo sobre fotografia*. São Paulo: Thomson Pioneira, 1998.

PREUSS, Julio. *Fotografia digital*. São Paulo: Axcel Books do Brasil, 2004.

TEODORO, Vitor Duarte. Software para ensino de Física: interactive physics e modellus. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, 2002.

VÍDEOS didáticos.

LIVROS DE METODOLOGIA DE ENSINO DE CIÊNCIAS

BARBOSA, Rommel Melgaço. *Ambientes virtuais de aprendizagem*. Porto Alegre: Artmed, 2005.

_____. *O ensino na sociedade do conhecimento*. Porto Alegre: Artmed, 2003.

CALKINS, Lucy McCormick. *A arte de ensinar a escrever*. Porto Alegre: Artmed, 1989.

HARGREAVES, Andy et al. *Educação para a mudança*. Porto Alegre: Artmed, 2001.

LITWIN, E.*Tecnologia educacional*. Porto Alegre: Artmed, 1997.
NIGUEROL, A. *Aprender na escola*. Porto Alegre: Artmed, 2001.
PERRENOUD, Philippe et al. *Formando professores profissionais*. Porto Alegre: Artmed, 2001.
POZO, Juan Ignacio et al. *A solução de problemas*. Porto Alegre: Artmed, 1998.
SANCHO, J. *Para uma tecnologia educacional*. Porto Alegre: Artmed, 1998.
WEISSMANN, Hilda. *Didática das ciências naturais*. Porto Alegre, 1998.

LIVROS PARADIDÁTICOS

CHIQUETTO, Marcos. *Breve história da medida do tempo*. São Paulo: Scipione, 2001.
HELENE, Elisa Marcondes. *A radioatividade e o lixo nuclear*. São Paulo: Scipione, [199?].
MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. *Sol e energia no terceiro milênio*. São Paulo: Scipione, 2002.
QUADROS, Sergio. *A termodinâmica e a invenção das máquinas térmicas*. São Paulo: Scipione, 1996.
SPINELLI, Walter. *Guia prático para cursos de laboratório*: do material à elaboração de relatórios. São Paulo: Scipione, 1997.

REVISTAS

A FÍSICA na Escola. *Sociedade Brasileira de Física*, São Paulo, 2000-2005. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Welcome.shtml>. Acesso em: 31 jul. 2006.
CADERNO BRASILEIRO DE ENSINO DE FÍSICA. Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <http://www.fsc.ufsc.br/ccef/>. Acesso em: 31 jul. 2006.
CIÊNCIA HOJE *On line*. Rio de Janeiro: Instituto Ciência e Hoje, 2006. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/view/397>. Acesso em: 31 jul. 2006.
ELETRÔNICA TOTAL. São Paulo: Saber, 2002. Disponível em: <www.eletronicatotal.com.br. >. Acesso em: 31 jul. 2006.

REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA (versão eletrônica): Disponível em: <www.sbfisica.org.br/rbef; www.scielo.br/rbef. SBF.>. Acesso em: 31 jul. 2006.

REVISTA GALILEU. São Paulo: Globo, 2006. Disponível em: <http://revistagalileu.globo.com/>. Acesso em: 31 jul. 2006.

REVISTA QUÍMICA NOVA NA ESCOLA. Portal do Professor de Química. São Paulo: SBQ. Disponível em: <www.sbq.org.br/ensino/>. Acesso em: 31 jul. 2006.

SABER ELETRÔNICA. São Paulo: Saber, 2002. Disponível em:<http://www.sabereletronica.com.br>. Acesso em: 31 jul. 2006.

SCIENTIFIC American Brasil. Disponível em: <www.sciam.com.br. >. Acesso em: 31 jul. 2006.

SUPERINTERESSANTE. São Paulo: Abril. Disponível em: <http://super.abril.com.br/super/index.shtml>. Acesso em: 31 jul. 2006.

Modelos de construção de equipamentos e instrumentos

AULA 1

Meta da aula

Apresentar um exemplo simples de construção de equipamento para uso didático que pode ser facilmente produzido pelo próprio professor.

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- construir uma fonte de tensão elétrica variável de 0-12VDC/1A a partir das suas componentes;
- adquirir noções práticas de como e onde obter os materiais necessários para a construção da fonte;
- realizar algumas aplicações didáticas simples utilizando a fonte.

Pré-requisitos

Para a realização deste módulo, você vai precisar conhecer o multímetro como instrumento de bancada. As aplicações que faremos com o multímetro incluem a medida de tensões e correntes alternadas e contínuas, a medida de resistência e o teste de diodo.
Como elementos teóricos você tem de estar familiarizado com conceitos básicos da teoria de circuitos elétricos: diferença de potencial (tensão), corrente, resistência, capacitância, lei de Ohm, corrente alternada e conceitos correlatos. Portanto, se necessário, faça uma revisão das Aulas 12, 13 e 14 do curso de Física 3B; reserve um tempo para essa necessária recapitulação.

OBSERVAÇÕES GERAIS

Eventualmente alguns dos conceitos que iremos utilizar nesta aula não foram estudados por você nas disciplinas regulares do nosso curso. Não se sinta intimidado, pois isso vai acontecer diversas vezes na sua vida profissional! Vá à luta, pesquise, procure se informar. Sobre diodos e transistores semicondutores, você vai encontrar um texto muito interessante no capítulo 5 de Física 3 - Eletromagnetismo (GREF, 2001).

Assim, você deverá, agora, escrever de forma resumida o que sabe sobre:

- corrente elétrica;
- resistência elétrica;
- lei de Ohm;
- unidades das grandezas elétricas no sistema internacional-SI;
- potência elétrica;
- transformador de tensão elétrica;
- transistor;
- diodo e diodo zener.

A parte prática deste módulo será desenvolvida no laboratório de Física do pólo com auxílio do seu tutor. No laboratório estão todos os componentes eletrônicos e as ferramentas necessárias para a montagem da fonte e aplicações.

Uma primeira leitura desta aula deverá ser feita antes de você ir ao pólo realizar a parte prática.

Ao final da montagem da fonte de tensão, uma experiência de aplicação será realizada. Com a conclusão desta experiência, você terá o prazo de uma semana para preparar um relatório, o qual deve conter os resultados experimentais, os gráficos e as respostas às perguntas apresentadas. O relatório receberá uma nota.

INTRODUÇÃO

Dentre os muitos equipamentos de apoio ao professor de Física, uma fonte de tensão variável, portátil, é um dos mais básicos. Em termos bem simples, uma fonte de tensão variável é um dispositivo cuja função é transformar um dado nível de tensão elétrica, disponível, para outro nível, que pode ser ajustado dentro de uma determinada faixa. As fontes variáveis mais comuns transformam

tensão elétrica alternada da rede elétrica comercial, de 110VAC ou 220VAC, em tensões contínuas mais baixas, tipicamente no intervalo de 0 a 30VDC.

A maioria dos equipamentos eletrônicos opera em tensões elétricas contínuas bem abaixo dos valores fornecidos pela rede elétrica comercial. Assim, é muito grande o número de experimentos e demonstrações que requerem uma fonte de tensão variável para a sua realização. Vamos analisar vários desses equipamentos ao longo do nosso curso.

Um dos aspectos interessantes deste módulo é o fato de que ele serve para desmitificar o uso da eletrônica por não-especialistas na área. Não é necessário ser um engenheiro ou mesmo um técnico em eletrônica para utilizarmos os seus inúmeros recursos no ensino. Precisamos apenas de alguns conhecimentos teóricos básicos, perfeitamente acessíveis a um professor de Física, e de algumas noções práticas que queremos começar a explorar em nosso curso. Em outros termos, o que pretendemos praticar é a idéia de que, da mesma maneira que não precisamos conhecer a química dos alimentos para preparar um bolo, não precisamos conhecer os detalhes da teoria de circuitos eletrônicos para construir equipamentos eletrônicos simples para aplicações didáticas em sala de aula.

A parte prática deste módulo você vai realizar no laboratório de Física do seu pólo e vai receber uma pequena ajuda do tutor. *No entanto, o objetivo principal deste módulo é que projetos como esse sejam realizados por você em casa*. Queremos que você adquira técnica, meios e confiança para se lançar nessas pequenas aventuras instrumentais. Estamos mais interessados no ensinar a fazer do que no objetivo prático do trabalho. *Assim sendo, estamos apresentando este módulo como se você fosse realizá-lo sozinho, em sua casa.*

Um último comentário sobre este módulo: em algumas aplicações práticas em sala de aula, podemos obter os efeitos desejados usando um sistema de pilhas ou baterias. Mas lembre-se de que pilhas e baterias se esgotam e se tornam fontes de poluição sérias quando deixadas no meio ambiente. Dê sempre preferência a fontes renováveis e não-poluentes de energia. E não se esqueça de compartilhar e discutir essas idéias com seus alunos.

PARTE PRÁTICA

O desenho da **Figura 1.1** mostra o circuito eletrônico da fonte de tensão que vamos construir. Observe atentamente os símbolos utilizados, pois você vai encontrá-los diversas vezes.

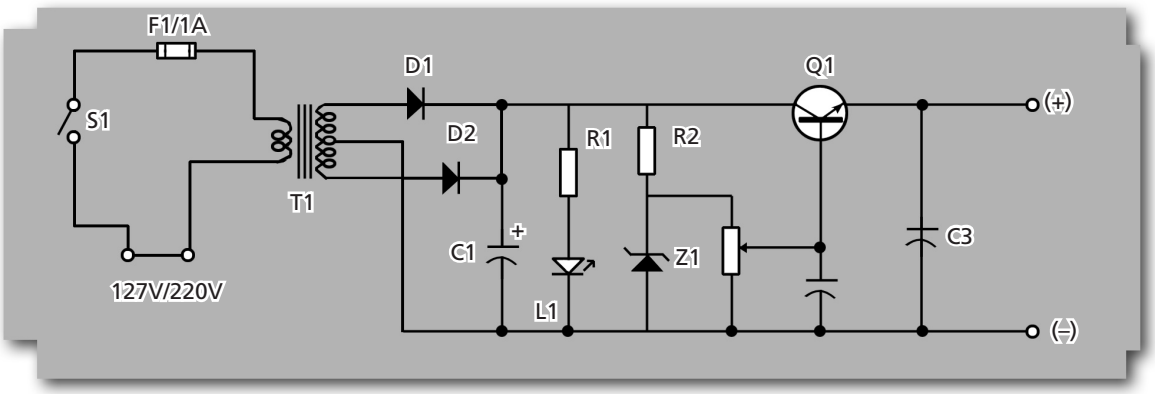


Figura 1.1: Circuito eletrônico da fonte 0–12VDC.

Esses símbolos são objetos de uma convenção internacional, mas é possível encontrar, conforme o texto, pequenas variações. Na **Figura 1.2**, auxiliar, indicamos o significado de cada símbolo utilizado.

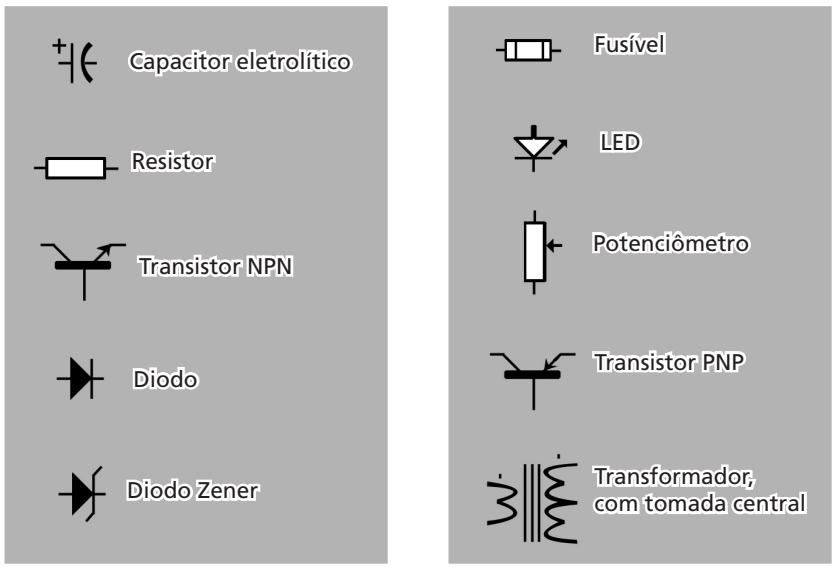


Figura 1.2: Relação de símbolos utilizados no circuito eletrônico da **Figura 1.1**.

Na **Tabela 1.1** apresentamos a relação de componentes eletrônicos necessários para a montagem da fonte.

Quando precisamos construir um equipamento para a instrumentalização de uma aula, deparamo-nos com três problemas básicos que podem ser resumidos nas seguintes perguntas: que projeto escolher? Onde comprar os componentes? Como executar? No nosso caso, trata-se de um equipamento eletrônico, uma fonte de tensão.

Tabela 1.1: Relação de materiais

Item	Descrição
Q1	TIP41 – transistor NPN de potência
D1 e D2	1N4002 – diodo retificador
Z1	Diodo zener de 12,6V ou 13V / 400mW
L1	LED vermelho
T1	Transformador:- entrada 110/220- saída 12+12 / 1A.
F1	Fusível de 1A, com porta fusível.
P1	Potenciômetro linear 4,7kΩ
R1	Resistor: 2,2kΩ x 1/8W (vermelho, vermelho, vermelho)
R2	Resistor: 220Ω x 1/2W (vermelho, vermelho, marrom)
C1	1000μF / 15V – capacitor eletrolítico
C2	10μF / 16V – capacitor eletrolítico
C3	100μF / 16V – capacitor eletrolítico
Diversos:	Ponte de terminais, radiador de calor para o transistor (chapa de alumínio com aproximadamente 5cm x 5cm), interruptor (S1), porta fusível para F1, fios (duas cores) para conexões diversas, solda, bornes vermelho e preto para a saída e fio paralelo com plugue macho para conexão da fonte na tomada, fita isolante e fusíveis de 1A e 250mA.

O primeiro ponto é: onde podemos encontrar esquemas de circuitos eletrônicos? Há uma grande quantidade de referências bibliográficas para circuitos eletrônicos que fornecem, além do desenho do circuito, a lista comentada dos componentes utilizados e informações práticas de montagem. Listamos algumas dessas referências na bibliografia geral do curso e, ao final desta aula, aquelas que serão utilizadas. Aqui vale a máxima de que "nada se cria, tudo se copia".

Nunca se esqueça de que sempre há uma grande quantidade de informações disponíveis na internet.

O segundo ponto importante é: de posse da lista de componentes, onde comprá-los? Esta é uma questão relativamente complicada para quem mora fora de uma grande cidade. Até em grandes centros urbanos encontramos dificuldades, pois o mercado de componentes eletrônicos é muito restrito em nosso país. No entanto, um dos avanços recentes neste mercado, muito útil para os nossos propósitos, é o de que a maioria das lojas ou empresas do ramo passou a fornecer seus produtos por serviço de entrega expressa ou mesmo pelo correio comum. Hoje é possível comprar pela internet, a bom preço, estando em qualquer parte do país.

Exercício 1

Relacione na tabela abaixo o nome de três fornecedores em que os componentes da fonte (**Tabela 1.1**) podem ser encontrados, completando com as informações solicitadas. Dê preferência aos eventuais fornecedores em sua cidade.

Razão social (informe o *site* na internet, se houver)	Endereço (telefone de contato, fax e *e-mail*)	Condições de pagamento e de entrega	Valor total do pedido
1			
2			
3			

Suas informações serão averiguadas e passarão a fazer parte de um banco de dados de fornecedores do nossos curso e serão listados na nossa *homepage*.

De posse dos componentes, entramos na terceira etapa: como montar? Existem muitos detalhes em um projeto, mesmo no mais simples, que precisam ser resolvidos para a sua realização. Não vamos aprender tudo de uma só vez. E também não vamos aprender tudo em um único projeto. Portanto, tenha calma e paciência nesta etapa.

CUIDADOS PRELIMINARES

Procedimento 1 (P1) - Reserve uma mesa para os trabalhos, com uma tomada próxima, em um ambiente que seja bem iluminado. É importante que o local também seja bem ventilado, pois isso evita a inalação de

fumaças do desoxidante produzido nas operações de soldagem. Fixe na mesa uma morsa pequena. Ela vai ajudar você a liberar uma das mãos para a soldagem de componentes. Coloque todos os componentes eletrônicos da **Tabela 1.1** numa posição acessível. É interessante dispor de uma ou duas caixas baixas para guardar os componentes pequenos. Na **Figura 1.3** mostramos como você pode organizar um local de trabalho para essas montagens de eletrônica em sua casa.

Para melhor orientá-lo, mostramos, na **Figura 1.4.a**, os acessórios principais e os componentes eletrônicos envolvidos na montagem.

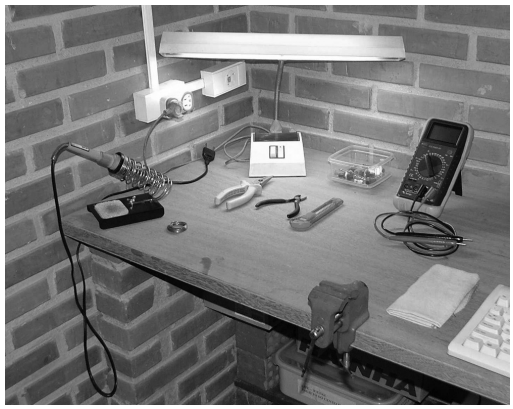


Figura 1.3: Sugestão de como organizar um local para montagens eletrônicas. Tente organizar um pequeno espaço em sua casa para o desenvolvimento de pequenos projetos. É importante que ele seja bem iluminado e bem ventilado.

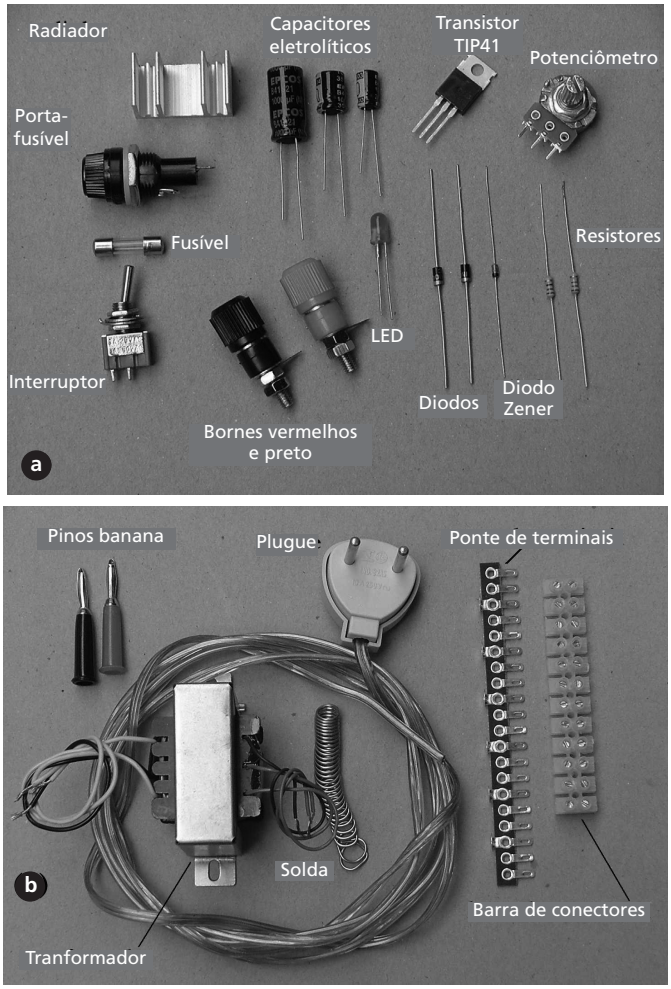


Figura 1.4: Nas partes **a** e **b** desta figura, podemos observar os componentes e acessórios necessários para a construção da fonte. Você poderá encontrar no comércio componentes com formatos ligeiramente diferentes. As fotografias são apenas ilustrativas.

P2 - Montar o circuito significa conectar fisicamente uma série de componentes eletrônicos de uma forma bem definida. Conectar significa, aqui, soldar. Você vai precisar ter à mão as seguintes ferramentas:

- um *soldador elétrico*, ou *ferro de soldar*, e um pouco de solda;
- um *multímetro*;
- um *alicate de corte*;
- uma *tesoura*;
- um *descascador de fios* (ou simplesmente um *estilete*);
- *solda, fita isolante e pasta térmica*.

Conectar nem sempre significa soldar, mas soldar significa conectar de forma eficiente, segura e duradoura. Portanto, dê sempre preferência a esta forma de conectar componentes em seus projetos. Lembre-se: em sala de aula, nem sempre você tem tempo e condições para improvisar.

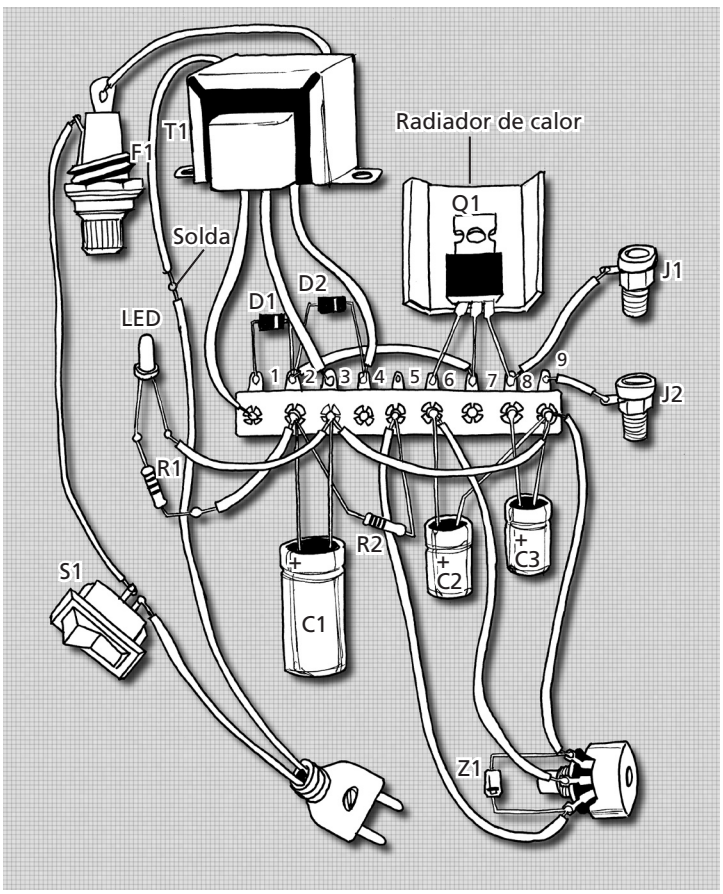


Figura 1.5: Nesta figura vemos a montagem da fonte em uma barra de terminais. Os componentes representados estão fora de escala. Para melhor orientá-lo, os pinos estão numerados de 1 a 9. Estude com atenção esta figura antes de iniciar a soldagem dos componentes.

P3 - Leia com atenção as instruções de uso do *ferro de soldar*. No livro *Curso básico de Eletrônica* (Lição 1, página 37 - referência 1), você encontrará algumas orientações úteis para fazer uma boa solda e algumas informações sobre o uso seguro do ferro de soldar.

P4 - A montagem será feita em uma *ponte de terminais* (é possível também o uso de uma barra de conectores – veja a **Figura 1.4.b**). Uma ponte com nove terminais é suficiente para que você possa realizar todas as conexões exigidas pelo projeto. Fixe a ponte na morsa que está sobre a mesa. Toda a montagem pode ser vista na **Figura 1.5**, que mostra o circuito eletrônico em sua forma real, mas *fora de escala*. Todo o seu trabalho será baseado nesse desenho; portanto, estude-o atentamente.

P5 - Observe que componentes como o diodo, o diodo zener, o transistor e os capacitores eletrolíticos são componentes polarizados, isto é, suas extremidades são diferentes e devem ser soldadas, em qualquer circuito, numa orientação única. Os componentes diodo e diodo zener possuem uma faixa pintada em uma de suas extremidades. Essa faixa indica a posição do catodo, o que significa que, se esses componentes forem conectados segundo o esquema da **Figura 1.6** (polarização direta), conduzirão corrente elétrica. Se a polarização for invertida, o componente não conduzirá corrente.

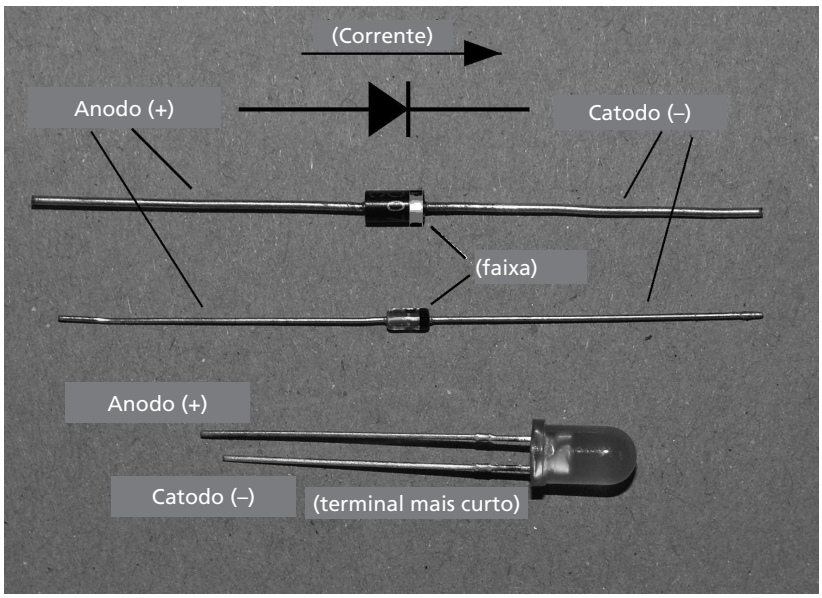


Figura 1.6: O diodo, o diodo zener e o LED são componentes polarizados. A corrente pode fluir somente do terminal chamado anodo (A) para o terminal chamado catodo (K), e não ao contrário. O símbolo do diodo em forma de seta indica o sentido de percurso da corrente.

O **LED**, por sua vez, é um diodo com a propriedade de emitir luz em polarização direta. O pólo negativo ou catodo, neste caso, é indicado pelo tamanho do terminal ("perna"): o terminal mais curto é o pólo negativo (catodo) e o terminal maior é o pólo positivo (anodo). Os capacitores eletrolíticos são também componentes polarizados, isto é, só funcionam como capacitores se forem ligados na polarização correta. No corpo destes capacitores encontramos facilmente uma gravação indicando a polaridade de cada terminal. Podemos também identificar a polaridade desses componentes pelo comprimento dos terminais: a "perna" menor é sempre o pólo negativo (veja a **Figura 1.7**).

LED (Light Emitting Diode)

Diodos semicondutores especialmente construídos para produzirem luz. A intensidade da luz emitida pelo diodo depende da corrente que o atravessa. O fabricante indica um valor de corrente para uso contínuo e um valor máximo, que não deve ser superado. É importante também a *tensão máxima em polarização inversa* (V_e), que normalmente é muito pequena, da ordem de 5V. Um LED é facilmente danificado quando alimentado em polarização inversa. Existe uma gama muito grande de LED, produzidos comercialmente, para diferentes aplicações práticas. Procure conhecê-los.

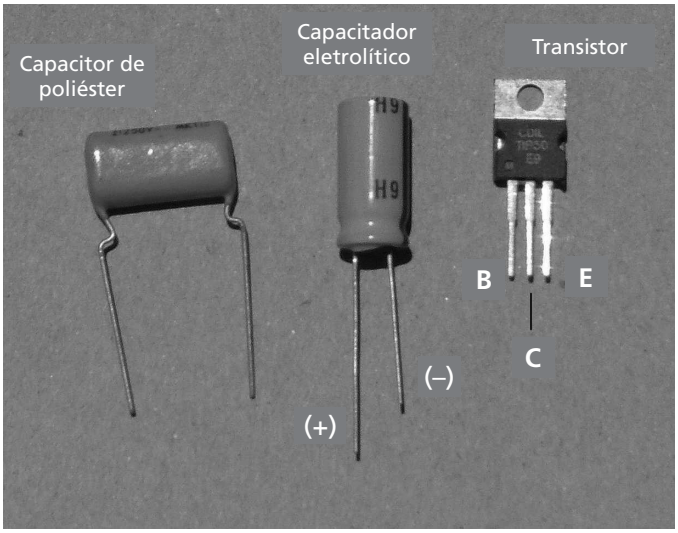


Figura 1.7: No centro da figura vemos um exemplo de capacitor eletrolítico. Este tipo de capacitor é polarizado: para que funcione devemos ligar a perna maior ao pólo positivo e a perna menor ao pólo negativo, *como indicado na figura*. Existem vários tipos de capacitor. À esquerda, vemos um típico capacitor de poliéster. Ao contrário do capacitor eletrolítico, o capacitor de poliéster não é polarizado, podendo ser ligado no circuito independente da polarização. À direita, vemos um típico *transistor bipolar de junção* com os seus três terminais: *coletor*, *base* e *emissor*. Na figura vemos um tipo de invólucro usado para transistores de potência. Esses transistores operam com correntes intensas e tendem a se aquecer.

Note que nem todos os capacitores são eletrolíticos, isto é, polarizados. Os transistores, por sua vez, são os componentes semicondutores mais complexos desta relação e possuem três terminais identificados pelos nomes: base (B), coletor (C) e emissor (E). Os transistores formam uma família bem ampla de componentes eletrônicos e podem ser ligados a um dado circuito sob diferentes configurações. Eles são fabricados, sob diferentes encapsulamentos. Em cada aplicação você deve identificar a forma da ligação de cada terminal e identificar corretamente cada terminal no transistor disponível. Na nossa aplicação, estamos utilizando um transistor de potência bem comum, projetado para trabalhar com correntes altas e baixas freqüências. Em síntese, verifique os terminais dos componentes anteriormente mencionados, identifique cuidadosamente a forma de conexão no esquema do circuito da **Figura 1.1** e no esquema de montagem, **Figura 1.5**.

P6 - Os resistores são componentes não-polarizados e podem ser soldados no circuito em qualquer orientação. Eles são facilmente identificados pelos anéis coloridos gravados nos seus corpos. Esses anéis

formam um código de cores que servem para identificar o valor da resistência e a tolerância do valor real da resistência em relação ao valor nominal. No pólo você vai encontrar uma tabela com o código de cores. O potenciômetro é um resistor no qual podemos variar a resistência. Ele possui três terminais: entre os dois terminais da extremidade a resistência é fixa; entre os terminais da extremidade e o terminal do centro a resistência é variável (**Figura 1.4.a**). Lembre-se de que resistores e potenciômetros diferem entre si não somente quanto ao valor de suas resistências e tolerâncias, mas também quanto à potência máxima que podem dissipar por efeito joule. Os resistores mais usados em circuitos eletrônicos de baixa potência são resistores feitos de carvão com potências nominais de 1/8W (watt), 1/4W e 1/2W.

P7 - Um transformador simples possui duas bobinas enroladas numa armadura de ferro. Uma delas é denominada primária e a outra, secundária. Na bobina primária, ligamos a tensão alternada (AC) que queremos transformar. Na bobina secundária retiramos a tensão alternada transformada de que precisamos para alimentar o nosso circuito. Observe o transformador que você vai utilizar nesta montagem. Identifique a bobina primária e a bobina secundária. Existem três terminais em cada bobina. Na bobina primária, vamos ligar a tensão da rede local que pode ser de 110V ou 220V. Se vamos trabalhar com uma instalação de 110V, identifique os terminais correspondentes (convenção comum entre os fabricantes: terminal preto e azul para 110V; terminal preto e vermelho para 220V). Para os terminais da bobina secundária, encontramos duas cores: o terminal de cor única (em geral preto) é a tomada central. Se medirmos a tensão entre o terminal preto e qualquer dos outros dois, vamos encontrar o mesmo valor, 12VAC. A diferença entre um e outro é que eles estão em oposição de fase: como a tensão é variável no tempo, significa que, se a tensão num dado instante de tempo é +V e, em um terminal, no outro será –V.

P8 - O radiador de calor é uma pequena peça de metal que aumenta a área de contato do corpo do transistor com o meio ambiente. Serve, assim, para aumentar a eficiência da troca de calor com o ar circunvizinho, evitando que o transistor se aqueça demasiadamente. Para melhorar o contato do corpo do transistor com o radiador, é comum utilizarmos uma pasta especial, boa condutora de calor (*pasta térmica*).

Exercício 2

Antes de iniciarmos a montagem da fonte, vamos fazer alguns testes simples com os componentes adquiridos. Observe que muitas dessas aplicações podem ser utilizadas em sala de aula para demonstrar fenômenos físicos de grande interesse na área do Eletromagnetismo.

a. Com auxílio do multímetro, meça a resistência de todos os resistores e complete a tabela.

Valor nominal	Valor medido	Discrepância
2,2kΩ (vermelho, vermelho, vermelho)		
220Ω (vermelho, vermelho, marrom)		
4,7kΩ (potenciômetro linear)		

b. Teste os três diodos para verificar se estão em bom estado de funcionamento. Selecione no multímetro a opção *teste de diodos e transistores*: conecte a ponta preta (COM) no catodo do diodo e a ponta vermelha no anodo. O multímetro deverá indicar a tensão do diodo (para diodos de silício, este valor é de aproximadamente 0,6 V). Invertendo a polaridade, o multímetro não deverá indicar tensão. Complete a tabela a seguir:

Diodo	Tensão do diodo (V)
1N4002	
1N4002	
Zener	

c. Teste com o transformador: ligue o terminal 110V (ou 220V, conforme a rede local) a um fio paralelo com um plugue padrão para ligação na tomada. Não é necessário soldar, você pode torcer as pontas, uma na outra, e colocar um pequeno pedaço de fita isolante. Isole também o terceiro terminal da bobina primária (em geral ela está exposta e pode gerar algum acidente). Conecte os terminais da bobina secundária ao multímetro: ligue a tomada central à ponta preta e um dos terminais coloridos à ponta vermelha. Selecione, no multímetro, a opção *medida de tensão alternada*. Ajuste o nível de tensão para a faixa desejada (12V). Ligue o transformador na tomada. Qual a tensão medida? Faça o mesmo para os outros terminais e complete a tabela a seguir:

Terminais da bobina secundária	Tensão nominal	Tensão medida
Tomada central (fio preto) + terminal 1 (fio colorido)	12V	
Tomada central (fio preto) + terminal 2 (fio colorido)	12V	
Terminal 1 + Terminal 2	24V	

MONTAGEM DA FONTE

Montagem 1 (M1) - Ligue o ferro de soldar na tomada próxima e mantenha-o em uma posição próxima mas ao mesmo tempo segura. Cuidado para não tocá-lo inadvertidamente: a ponta de solda atinge temperaturas da ordem de 400ºC e pode provocar queimaduras graves na pele.

M2 - Soldando os componentes na ponte de terminais (PT). Observe atentamente as **Figuras 1.1**, **1.5** e **1.8.a**. Localize a posição de cada componente na ponte. Para facilitar, foram introduzidos números nos terminais dos componentes, como indicado na **Figura 1.5**.

M2.1 - Observe que o diodo zener não é fixado na PT, mas sim soldado diretamente nos terminais do potenciômetro (**Figura 1.8.b**). O potenciômetro é ligado à PT por três fios de aproximadamente 15cm e com cores diferentes para facilitar a orientação.

M2.2 - O LED e a resistência R1 não são fixados na PT. O resistor R1 é soldado diretamente no terminal maior (anodo) do LED (**Figura 1.8.c**). O catodo do LED e o terminal livre de R1 são conectados na PT por fios simples.

M2.3 - Os bornes vermelho e preto são conectados à PT por meio de dois fios de aproximadamente 10cm. Use fios de cores compatíveis, pois isso ajuda na identificação das polaridades.

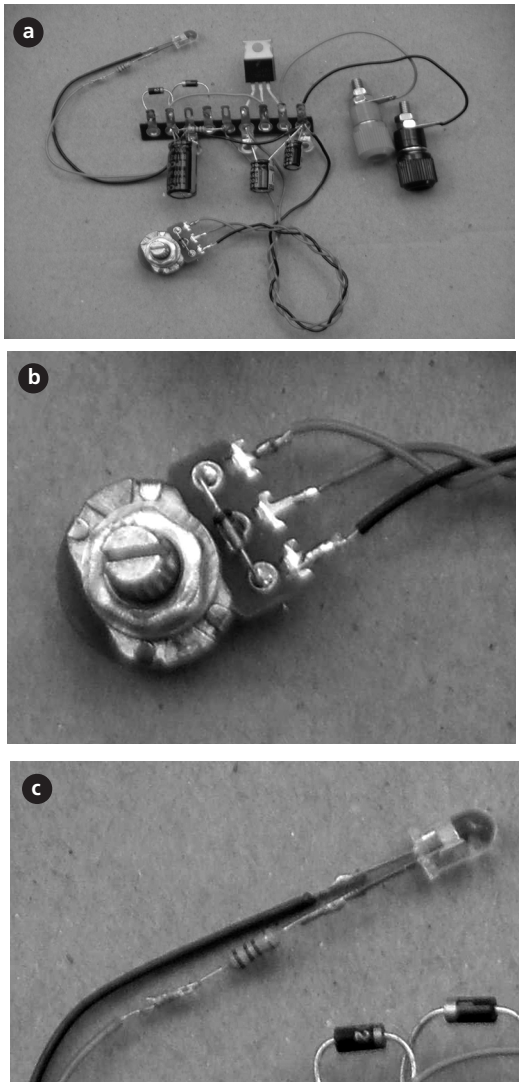


Figura 1.8.a: Nesta fotografia, vemos o aspecto final da ponte de terminais com os componentes soldados. Por simplicidade, está sendo mostrado o transistor sem o radiador de calor; **b**: Observe que o diodo zener é soldado diretamente nos terminais do potenciômetro; **c**: o resistor R1 é soldado diretamente no terminal maior (anodo) do LED.

M2.4 - Fixe, com auxílio de um parafuso e de uma porca, o *radiador de calor* (veja **Figura 1.4.a**) ao transistor. Se possível, utilize um pouco de *pasta térmica* para melhorar o contato térmico das duas peças.

A **Figura 1.8.a** mostra o aspecto geral da ponte de terminais após a conclusão das soldagens (para simplificar a imagem, o radiador de calor não está sendo mostrado).

M3 - Soldando os acessórios na bobina primária do transformador. Observe as **Figuras 1.1** e **1.5**. Devemos soldar o interruptor, o porta-fusível e o cabo com o plugue macho para tomadas nos terminais da bobina primária do transformador. Verifique na sua rede local quais os terminais a serem usados: 127V (azul e preto) ou 220V (vermelho e preto). A **Figura 1.9** mostra o aspecto geral da montagem. Observe que uma quantidade extra de fios foi usada nas ligações para permitir uma acomodação da fonte numa pequena caixa de abrigo.

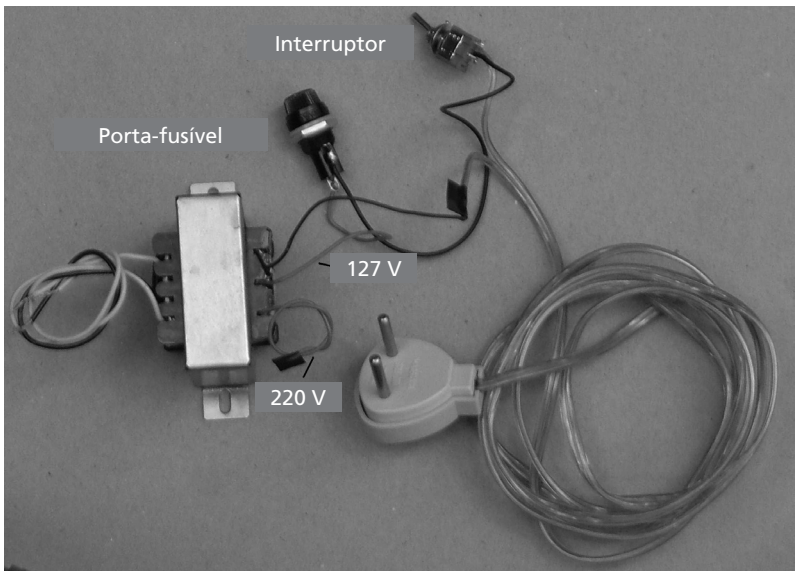


Figura 1.9: Nesta figura, vemos o aspecto final da soldagem do interruptor, do porta-fusível e do cabo com o plugue macho para tomadas, nos terminais da bobina primária do transformador.

M4 - Soldando a bobina secundária do transformador na ponte de terminais. Observe as **Figuras 1.1** e **1.5**. Devemos soldar os terminais da bobina secundária do transformador na ponte de terminais. Os dois fios de mesma cor (em geral amarelo) devem ser soldados aos terminais 1 e 3, e o fio de cor única (tomada central) deve ser soldado ao terminal 5.

TESTAGEM DA FONTE

M5 - Completadas as etapas anteriores, a fonte está pronta! Devemos agora proceder ao teste de funcionamento. Antes, porém, realize um cuidadoso exame de todas as ligações. Ajuste o multímetro para a escala mais baixa de medida de resistência e teste a conectividade de todas as ligações. Um erro freqüente nas montagens eletrônicas desse tipo é o de se inverter a polaridade dos componentes polarizados tais como capacitores eletrolíticos.

M5.1 - Coloque um fusível de apenas 250mA no porta-fusível e mantenha o interruptor na posição OFF. Fique bastante atento nesta etapa, pois sua fonte está totalmente exposta sobre a mesa de trabalho. Ligue a fonte na tomada e acione o interruptor. Ao perceber qualquer comportamento anômalo, como estalos, ruídos ou o aquecimento de componentes, desligue-a imediatamente. Um fusível de apenas 250mA ajuda a proteger a fonte em caso de defeitos. Verifique se o LED está aceso e se o transistor se mantém na temperatura ambiente. Nessa fase, nenhum componente deve se aquecer, uma vez que não temos nenhuma carga ligada à fonte. Desligue a fonte e aguarde alguns minutos antes de passar à próxima etapa. Se algum problema foi encontrado nesta etapa, significa que algum erro foi cometido na montagem; devemos, portanto, proceder a uma revisão de tudo o que foi feito antes de irmos adiante.

M5.2 - Testando a tensão de saída. Como a fonte não tem um indicador de tensão na saída, vamos precisar do multímetro para fazer este teste. Mais tarde você poderá fazer uma modificação no projeto para incluir um mostrador, que poderá ser analógico ou digital, para indicar a tensão de saída. Selecione no multímetro a opção medida de tensão DC. Ajuste o nível de tensão para a faixa desejada (12V) e conecte o multímetro aos bornes preto (pólo negativo) e vermelho (pólo positivo) da fonte. Ligue a fonte e gire o eixo do potenciômetro. Verifique se a tensão está variando e se ela atinge o valor máximo da ordem de 12V ou mesmo um pouco acima.

ENCAIXOTANDO A FONTE

M6 – Como última etapa, vamos instalar a fonte numa caixa apropriada. Existem vários modelos disponíveis com diferentes formatos, diferentes tamanhos e, naturalmente, diferentes preços. São caixas

próprias para projetos de eletrônica. O requerimento básico é que a caixa selecionada tenha um tamanho adequado ao circuito construído, tenha boa ventilação e seja fabricada com um material resistente, adaptado às condições de funcionamento do circuito. Neste último aspecto, um problema encontrado freqüentemente são circuitos com partes que sofrem um forte aquecimento em uso normal. Nesse caso, é importante evitar as caixas de plástico, dando preferência às caixas de metal.

É sempre possível encontrar soluções caseiras, de baixo custo, usando a idéia da reciclagem. Seja criativo! Algumas soluções evitam o uso de caixa, isto é, todo o circuito é fixado em uma tábua de madeira deixando o circuito à mostra. A idéia é que os alunos possam ver a estrutura interna do equipamento que está sendo utilizado pelo professor, promovendo a curiosidade e a discussão durante a aula. Note que os instrumentos, em uma atividade de ensino, não podem ser dissociados dos objetivos didáticos da própria atividade. Como regra geral, devemos evitar *caixas-pretas* em uma aplicação didática. Em contrapartida, uma montagem exposta dificulta o transporte, a preservação e aumenta os riscos de acidente.

Você receberá uma caixa plástica previamente adaptada para a instalação da fonte. Os furos para o encaixe dos bornes, do interruptor, do potenciômetro e do LED podem ser facilmente ajustados aos componentes que você estiver usando. Como a caixa é fácil de ser aberta, estamos colocando o porta-fusível no seu interior. O modelo de porta-fusível mostrado na **Figura 1.4.a** é para ser adaptado no corpo da caixa, ficando a tampa voltada para fora. Se você preferir adaptá-lo desta forma, sinta-se à vontade para providenciar o furo adequado. A **Figura 1.10** mostra o resultado final.

Figura 1.10: Aspecto final da fonte, abrigada em uma caixa plástica largamente utilizada em projetos de eletrônica e facilmente encontrada no comércio. A fotografia é meramente ilustrativa, sendo possíveis inúmeras outras soluções para o acabamento final da fonte. Use sua criatividade, mas não deixe de privilegiar as exigências de segurança no manuseio do equipamento.

UMA APLICAÇÃO SIMPLES

Você já viu que a instrumentalização do ensino de Física envolve uma grande diversidade de recursos. Tentar realizar experimentos quantitativos em sala de aula é um desses recursos muitas vezes perseguido pelo professor de Física. No entanto, freqüentemente, podemos encontrar muitas dificuldades para implementar tais recursos. É comum nos depararmos com o problema do tempo e da escassez de material e equipamentos. Um recurso mais simples é aquele em que o experimento é realizado pelo professor e os resultados são analisados pela turma, individualmente ou em pequenos grupos. Neste caso, precisamos de um único equipamento, e a execução do experimento pode ser mais rápida, uma vez que é realizada por alguém com bastante prática. A experiência que vamos sugerir pode ser aplicada como um desses recursos de instrumentalização que estamos comentando.

Objetivo: verificar a lei de Ohm.

Pré-requisito: como texto de Ensino Médio sobre a lei de Ohm, sugerimos a leitura do Capítulo 2 do livro *Física para o segundo grau* (GUIMARÃES; FONTE BOA, 1997).

Material:

- fonte variável de tensão 0-12VDC;
- um miliamperímetro e um voltímetro (ou dois multímetros de bancada). É interessante que estes instrumentos sejam digitais para facilitar a observação das medidas por parte dos alunos;
- um resistor de fio metálico 120Ω /15W;
- uma barra de conectores;
- fios com pinos banana.

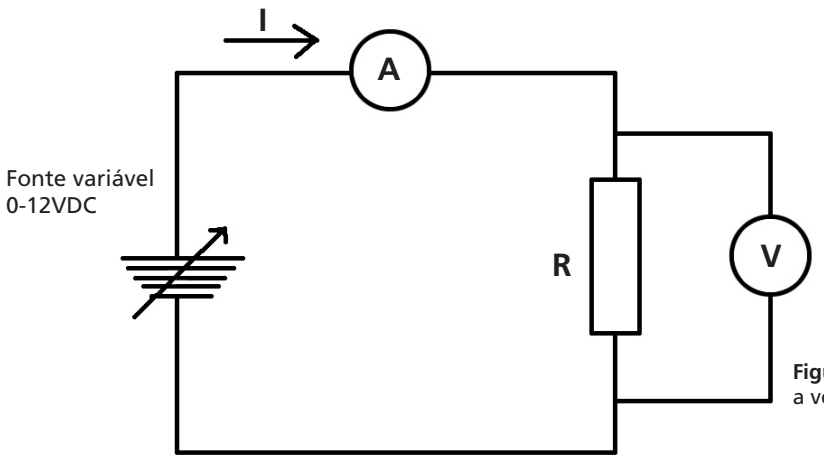


Figura 1.11: Circuito básico para a verificação da lei de Ohm.

Método:

Construa o circuito indicado na **Figura 1.11**. Na **Figura 1.12**, apresentamos uma sugestão de montagem. Variando progressivamente a tensão aplicada, determinamos simultaneamente a queda de tensão (V) no resistor (R) e a corrente (I) que percorre o circuito. Organizamos os resultados numa tabela. Pela lei de Ohm, V = R.I. Podemos testar esta lei construindo, em papel milimetrado, um gráfico de V x I, que e, segundo Ohm, resulta numa relação linear. O coeficiente angular da reta é a resistência (R) do resistor.

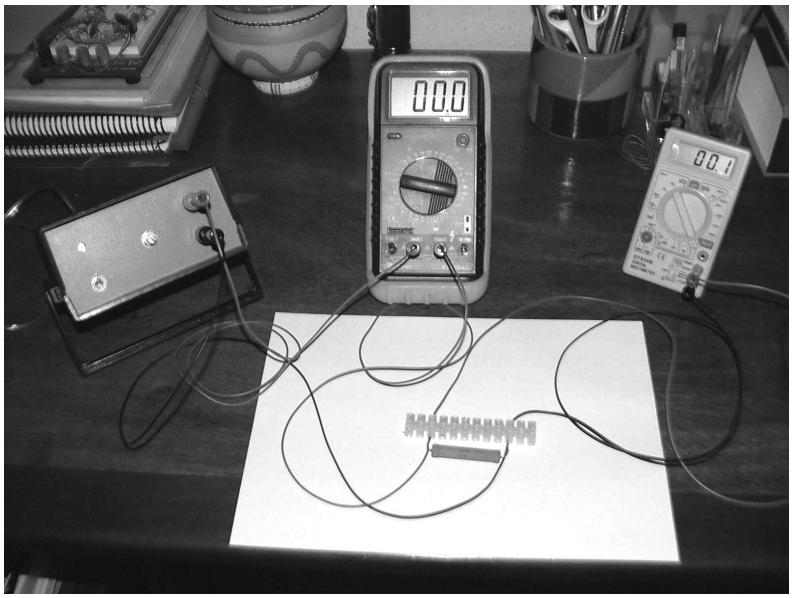


Figura 1.12: Sugestão para montagem da experiência de verificação da lei de Ohm.

Exercício 3

a. Construa o circuito da **Figura 1.11** e obtenha um conjunto de medidas (V, I) na faixa de 0 a 12V. Complete a tabela a seguir tomando medidas de, aproximadamente, 1 em 1V. Determine quanto tempo foi gasto nessas medidas. Analise os resultados obtidos construindo o gráfico I x V em papel milimetrado. Determine o coeficiente angular da reta e compare o valor obtido com o valor nominal da resistência.

	V (volts)	I (mA)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

b. Tempo gasto na coleta dos dados: _____ minutos.

c. Consulte o manual de instruções do amperímetro e do voltímetro (ou dos multímetros) e informe a precisão associada às medidas.

d. Faça uma estimativa do custo desta experiência (incluindo os instrumentos de medida).

e. Conclusão.

Como conclusão, responda às seguintes perguntas:

Quais as dificuldades que você encontrou para realizar esta experiência? Pense sempre na sala de aula.

Quais as dificuldades que você estima que alunos de Ensino Médio encontrarão durante a sua aula? Quais as sugestões para prevenir estes possíveis problemas?

Você estima que esta experiência, quando realizada em sala de aula, atingirá os seus objetivos?

Você acha possível uma boa interação entre esta experiência e o livro texto selecionado?

Notas:

Observe o uso da barra de conectores: com o uso da barra de conectores, os componentes não são soldados. Isso facilita bastante a montagem. Você pode facilmente ampliar esta montagem para analisar com seus alunos o problema da associação em série e em paralelo de resistências. Colocar resistências em série ou em paralelo na barra de conectores é muito simples e rápido.

Sugerimos o uso de um resistor de fio metálico de 120W / 15 watts por duas razões simples: por um lado trata-se de um peça grande, facilmente observável a uma certa distância da mesa do professor e por outro, é suficientemente grande para não apresentar aquecimento relevante em uso. Note que a potência dissipada no resistor (P) por efeito Joule é dado pela fórmula

$$P = V^2 / R,$$

o que dá para o máximo de tensão da fonte $12^2/120 = 1{,}2$ watt, bem abaixo do valor nominal. Resistências (de mesmo valor) comuns de carvão de 1/8 , 1/4 ou mesmo 1/2 watt não serviriam.

Observe o tempo de realização da experiência: leva-se apenas alguns minutos para se completar uma tabela com dez pares de medidas. Isso significa que sobra muito tempo para os alunos construírem os seus gráficos em sala de aula e completarem a análise dos resultados. É uma oportunidade excelente para rever a técnica de construção de gráficos que devem ser feitos em papel milimetrado e individualmente. Em contrapartida, este é um momento importante para reiterar o aspecto experimental da Física como Ciência e conceitos importantes relacionados com a medida, tais como precisão e acurácia.

Observe o baixo custo da montagem sugerida.

SITES RECOMENDADOS

Você pode encontrar inúmeros *sites* na internet com farta quantidade de material sobre eletrônica. Neles, você encontrará circuitos, dicas técnicas de montagem e programas.

1. Em http://olmo.pntic.mec.es/jmarti50/descarga/d-electron.html você pode encontrar programas de simulação de circuitos eletrônicos. Como sugestão, procure obter o programa CircuitMaker 6.0 para estudantes (versão para Windows). É uma versão gratuita, autorizada, mais limitada que a versão profissional (só permite a simulação de circuitos com até 50 componentes) mas, ainda sim, é muito poderosa para os nossos propósitos – afinal, não queremos nos tornar profissionais em eletrônica!

2. Em http://www.inf.pucrs.br/~calazans/undergrad/laborg/cod_cores_res.html e http://aquarius.ime.eb.br/~webde3/LABELOBAS/cores_resistores.htm você pode encontrar uma tabela com o código de cores para resistores e instruções para utilização.

3. Em http://pt.wikipedia.org/wiki encontramos a versão em língua portuguesa desta enciclopédia colaborativa de acesso livre e gratuito, na internet. Nesta enciclopédia, podemos encontrar excelentes referências sobre todos os componentes eletrônicos utilizados neste projeto.

LEITURA RECOMENDADA

GUIMARÃES, L. A. ; FONTE BOA, M. *Física para o 2º grau*. São Paulo: Harbra, 1997. v. 3. Cap. 2.

O laboratório didático: metodologias e exemplos (I)

AULA 2

objetivos

Metas da aula

Este módulo está dividido em três aulas, com ele você deverá adquirir uma visão geral do papel do laboratório didático escolar e das metodologias utilizadas para o ensino de Física. São apresentados exemplos de atividades que podem ser desenvolvidas em sala de aula e que ilustram essas metodologias.
Como metas deste módulo, queremos levar você a reconhecer:
qual a contribuição do laboratório didático para o desenvolvimento do pensamento objetivo baseado na análise de dados e no método científico;
qual a melhor inserção do ensino conceitual de Física em sala de aula;
qual a contribuição da ciência aprendida na escola para a educação do cidadão.

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- desenvolver habilidades específicas básicas para as atividades experimentais: modelo teórico, método experimental, instrumentação, obtenção e análise de resultados;
- escolher atividades práticas adequadas ao perfil dos seus alunos e aos conteúdos trabalhados;
- montar atividades experimentais utilizando materiais simples;
- conhecer estratégias de ensino para apresentar atividades experimentais;
- discriminar o modelo teórico e o resultado experimental.

Pré-requisitos

Para a realização desta aula, faça uma revisão sobre o *Método Científico*, discutido na primeira aula do Módulo 1 do curso de Introdução às Ciências Físicas 1. Procure rever a dedução do Teorema da Energia Cinética e Trabalho na Aula 31 do Módulo 4 do curso de Física 1B.

Figura 2.1: Nesta fotografia, vemos um típico laboratório didático para ensino de Física. Na maioria das escolas, esses serviços não existem e nem mesmo elas dispõem de um espaço reservado para atividades experimentais. Assim, programar uma atividade prática, na maioria dos casos, é programar uma atividade para a sala de aula ou para o pátio da escola.

OBSERVAÇÕES GERAIS

- A parte prática deste Módulo será desenvolvida no laboratório de Física do pólo com auxílio do seu tutor. No laboratório, estão todos os materiais necessários.
- Uma primeira leitura das aulas e o cumprimento dos pré-requisitos deverão ser feitos antes de você ir ao pólo realizar a parte prática.
- Com a conclusão das três aulas, você terá o prazo de uma semana para preparar o relatório final. O relatório deve conter os questionários, os exercícios e os relatórios parciais, com os resultados experimentais e as respostas às perguntas apresentadas. Esse relatório receberá uma nota.

Questionário 1

Antes de iniciar o estudo deste módulo, responda, por escrito, às perguntas a seguir. Gostaríamos muito de conhecer a sua opinião e a sua experiência prévia sobre alguns assuntos. Escreva suas respostas em uma folha separada, para que possa ser enviada para a coordenação do curso, e guarde uma cópia no seu *caderno de laboratório.*

a. Que tipo de experiência você teve em um laboratório de Física experimental?
- no Ensino Fundamental:
- no Ensino Médio:
- no seu curso universitário:

b. Para realizar uma experiência você precisa conhecer a teoria dos fenômenos que vai estudar?

c. Em que condições os dados obtidos experimentalmente devem ser considerados como válidos, quando não satisfazem os resultados previstos pela teoria?

d. Você acha que o aluno precisa fazer experiências ou pode aprender através da demonstração feita pelo professor em sala de aula?

e. Qual é:
- a incerteza de uma medida feita com uma régua graduada em milímetros?
- a precisão de uma régua graduada em milímetros?

f. O que são grandezas *relevantes de uma experiência*? Pense na relação de grandezas físicas na expressão do período do pêndulo simples $T = 2\pi\sqrt{l/g}$.

g. Quais são as grandezas (variáveis) dependentes e quais as independentes na experiência para verificação da lei de Ohm (R = V/I).

INTRODUÇÃO

O papel do laboratório didático foi modificado com a introdução dos Projetos de Ensino de Física (PEF), desenvolvidos a partir da metade do século passado, que deslocaram o professor e a corroboração da Física teórica do centro da sala de aula para dar prioridade ao aluno e à experimentação. O foco dos materiais didáticos apresentados pelos diversos projetos, que tradicionalmente era dirigido ao professor, foi redirecionado ao aluno, dando-lhe a responsabilidade pela realização dos experimentos.

Como exemplos de Projetos de Ensino de Física que tiveram grande importância em políticas institucionais voltados para o ensino de Ciências podemos citar: o PSSC (Physical Science Study Committee), que foi a base para a reformulação no Ensino Médio de Física, na década de 1960 nos Estados Unidos; o Projeto da Fundação Nuffield, na Inglaterra; o PEF, Projeto de Ensino de Física elaborado pela Universidade de São Paulo e patrocinado pela Unesco. Estudaremos estas contribuições no módulo sobre o livro didático.

O laboratório didático, apresentado nesses projetos, dá ênfase à fenomenologia dos eventos físicos. Da mesma forma, a versatilidade e a simplicidade dos equipamentos utilizados permitem que o estudante crie situações experimentais, estimulando assim sua compreensão da Física. Fica implícito em todos eles que, *para* aprender Física, *é necessário fazer uso do laboratório e realizar experimentos*.

É necessário ressalvar que o referencial metodológico da maioria destes Projetos está baseado na teoria da descoberta: "*...é mais fácil aprender Física comportando-se como um físico, do que fazendo qualquer outra coisa*" (**Bruner**, 1968, p. 13). Entretanto, esta proposta mostrou ser uma idealização inatingível. A idéia de transferir a atividade do cientista profissional para o aluno, no contexto escolar, deve ser refutada, já que o aluno do Ensino Fundamental ou Médio não tem condições de realizar ou executar uma "experimentação", como cientista profissional, para então aprender Física.

Jerome Bruner (USA)

Psicólogo construtivista que participou da revolução na educação das ciências nos anos 1960, preocupando-se com as formas com que eram ensinadas. Colaborou com o desenvolvimento dos grandes projetos inovadores do ensino de Ciências.

A partir dos Projetos de Ensino de Física, o ensino experimental ficou em evidência, e novas propostas metodológicas, equipamentos, montagens etc. foram introduzidos como elementos de inovação, tornando-se alvo de interesse dos professores.

Os princípios que guiaram Bruner nessa empreitada foram:

1. O ensino deve se relacionar às experiências e contextos que fazem com que o aluno deseje e seja capaz de aprender (prontidão).

2. O ensino deve ser estruturado de forma a ser facilmente compreendido pelos estudantes (organização curricular em espiral).

3. O ensino deve facilitar a extrapolação da aprendizagem e completar lacunas de conhecimento (ir além da informação fornecida).

JUSTIFICATIVA DO LABORATÓRIO DIDÁTICO

Sendo a Física uma ciência experimental, cujo conhecimento teórico passa pela verificação dos fenômenos, o laboratório é uma necessidade didática para a sala de aula. Para isso é fundamental que você, como professor, saiba trabalhar **o quê?, o como?** e **o para que fazer?** no laboratório didático, onde as atividades concretas são desenvolvidas.

É fundamental, também, que os conteúdos de Física, a compreensão da natureza da Ciência, a instrumentação e os métodos de estudo experimentais estejam sempre presentes quando você trabalhar atividades concretas, não importa quão simples estas sejam.

Assim, é importante reconhecer que uma atividade concreta, em que se utilizam os *objetos e coisas* do mundo real, requer também os elementos do mundo das *idéias*, *conceitos físicos, processos de organização e formas de raciocínio lógico*. Dessa forma, você poderá correlacionar todos esses aspectos de forma estruturada e o aprendiz passará a um novo patamar de compreensão dos princípios e conceitos físicos trabalhados.

Sabemos que as atividades laboratoriais são consideradas, com justa causa, pela maioria dos pesquisadores e professores, no mundo inteiro, como essenciais para a construção conceitual da Física. Mas a reflexão crítica sobre o papel do laboratório de Física, tal como hoje é trabalhado no Ensino Médio, nas suas diversas abordagens, nos leva a reconhecer que sua contribuição para a aprendizagem tem sido muito fraca, quando não ausente.

!

O grande número de trabalhos dedicados ao laboratório didático ao longo dos últimos 50 anos, metodologias, formas de apresentação etc. são fortes indicadores do descontentamento que existe em relação aos resultados do processo de ensino – aprendizagem de Física. Já em 1965, os comentários de Nedelsky a esse respeito eram bastante críticos e, pode-se dizer, pessimistas.

Assim, é bom que você fique ciente que sua etapa formativa é fator prioritário para que você ensine bem a Física para seus alunos. É também necessário que a infraestrutura escolar seja adequada, oferecendo condições e os materiais necessários que possibilitem atividades experimentais em sala de aula, bibliotecas e os materiais necessários etc. No Brasil ainda temos de considerar o fator cultural, que valoriza muito o discurso, escrito ou oral, subestimando os resultados do ensino que utiliza materiais concretos e atividades controladas.

Figura 2.2: O estado deplorável em que se encontra o meio ambiente, particularmente nas cidades, é motivo de grande preocupação para todos nós. A única forma segura e sustentável de reverter esta situação é por meio da educação e da prevenção. Reconhecer as fontes causadoras de poluição ou as limitações nocivas de certas tecnologias, é conseqüência de uma boa educação científica.

Outra razão para ensinar Física no Ensino Fundamental é que, na sociedade tecnológica em que vivemos, é importante que o laboratório didático e as aulas de ciências dêem oportunidade para que os alunos adquiram conhecimentos básicos que lhes permitam reconhecer os fundamentos das tecnologias de ponta, com as quais estão em contato (computadores, aparelhos de som, eletrodomésticos, celulares etc.). Assim, o laboratório pode e deve ser um espaço próprio para a reflexão do papel da tecnologia e da Ciência na sociedade atual, e, como tal, precisa contribuir para a formação do cidadão que vive em um mundo tecnologicamente informatizado.

Um outro aspecto a se considerar é a contribuição que as atividades experimentais, quando bem planejadas, têm para o desenvolvimento do raciocínio. No laboratório, o aluno aprende a pensar de forma organizada e avalia a qualidade das informações fornecidas (metodologia científica) com objetividade. Essas formas de pensamento são transferíveis e deverão também lhe permitir a tomada de decisões, com base no conhecimento e nas evidências, não apenas na base casuística da opinião (pensamento crítico-reflexivo).

É também importante que todo material experimental não seja o foco das atenções do aluno e jamais entre em competição com a compreensão conceitual do fenômeno estudado. Isto não implica recomendar apenas o uso do material de baixo custo nas aulas de ciências, hoje utilizado como desculpa para justificar a falta de recursos do sistema escolar público. Temos de lembrar que o uso didático desse tipo de material exige um professor bem preparado, que saiba explorar os fenômenos conceitualmente e não apenas mostrá-los ou simplesmente ilustrá-los. Esse professor deverá estar sempre preparado para:

- explorar os conceitos e princípios físicos envolvidos nos fenômenos;
- avaliar a compreensão e as dificuldades dos alunos e comunicar-se com eles de forma significativa;
- fazer as demonstrações e obter dados experimentais controlados (que podem ser quantitativos e/ou semiquantitativos);
- trabalhar as limitações dos instrumentos de medida, método e observação, discutindo os erros experimentais inerentes a esses sistemas que, sendo tecnologicamente mais precários, exigem mais habilidade de manipulação.

Exercício 1

1. Utilize as recomendações anteriores para demonstrar para seus alunos, em sala de aula, que a aceleração da gravidade local é constante e aproximadamente igual a 9,8 m/s^2, utilizando para isso:

a. régua e cronômetro;
b. um pêndulo simples.

OBJETIVOS DO LABORATÓRIO DIDÁTICO

Segundo **Nedelsky** (1965), as atividades experimentais estão relacionadas a objetivos que desenvolvem habilidades processuais importantes. São habilidades e objetivos estabelecidos ao longo de várias décadas e descritos, repetidamente, pelos autores da literatura especializada.

Leon Nedelsky (USA)

Físico e professor, afirma que a função central da experiência adquirida no laboratório de Física é dar ao estudante a oportunidade de explorar os vários aspectos da relação entre a descrição física da realidade e a própria realidade, acrescida dos aspectos motivacionais, experiência pessoal e trabalho em grupo.

O objetivo primeiro de um laboratório introdutório dever ser desenvolver a *compreensão do estudante sobre a relação entre Ciência e Natureza*, isto é, a maneira como a Ciência descreve os fenômenos, confrontando sua descrição (modelo) com a realidade.

Aprender exige esforço do pensamento, e "esse esforço deve ocorrer no laboratório e na presença de objetos materiais relevantes" (NEDELSKY, 1965, p. 75). Mas, não basta apenas colocar o estudante em contato com o fenômeno e o equipamento. É necessário que a experiência seja planejada e guiada à luz de *objetivos detalhados e explícitos*.

Uma outra condição, apontada por Nedelsky, para a aprendizagem, é a motivação do estudante. Cada experimento deve interessar ao estudante, cada passo deve fazer sentido para ele e o resultado deve ter como conseqüência a compreensão do fenômeno físico à luz do modelo (princípios físicos) utilizado para fundamentar a experiência.

Nedelski (1965, p. 16-19) propõe que os objetivos das atividades realizadas experimentalmente levem o estudante a desenvolver:

a. *conhecimento e compreensão do laboratório* (aparelhos e materiais, relações entre teoria e fenômenos, procedimentos laboratoriais /processo experimental, coleta e interpretação de dados, generalização a partir dos dados coletados);

b. *conhecimento/compreensão verbal e matemática* (informação sobre leis e princípios, teorias, fatos e definições de grandezas físicas);

c. *habilidade de aprender* a partir dos resultados da observação e da experimentação;

d. *capacidade de generalização empírica.*

O que se observa, no entanto, é que essas habilidades, sem dúvida de alto valor educacional, não são, geralmente, desenvolvidas no ensino experimental de Física. Para mencionar alguns obstáculos que explicam esse fato, destacamos alguns fatores:

a. os objetivos didáticos são fortemente dependentes do raciocínio formal dos alunos: a capacidade de conceituação física está associada à generalização;

b. a falta de "cultura de laboratório" dos estudantes e dos professores, o que constitui um fator de desmotivação;

c. a infra-estrutura escolar deficiente (dificuldades para o uso do laboratório, materiais, grade curricular);

d. a falta de continuidade nas atividades laboratoriais, nas quais diversas disciplinas trabalham os mesmos aspectos experimentais sem fazer o nexo correspondente, e o baixo peso que as atividades experimentais têm nas disciplinas de ciências (relação número de aulas práticas/teóricas);

e. baixa valorização acadêmica das atividades práticas, que exigem tempo e dedicação do professor.

TIPOS DE LABORATÓRIOS DIDÁTICOS E SUAS METODOLOGIAS

É sempre importante que o professor de Física saiba estabelecer situações experimentais construtivas em sala de aula. Para tal, é importante conhecer formas de interagir com seus alunos, em diversas situações: quando o professor começa um novo assunto e tem de apresentar novos conceitos aos seus alunos; quando deseja aprofundar um tópico; quando deseja assegurar que os alunos compreenderam uma lei importante e sabem aplicá-la em uma nova situação.

Descreveremos, de forma sumária, os tipos de laboratório mais utilizados, ilustrando-os com exemplos de fácil aplicação, que você poderá utilizar em sala de aula e que o guiará nas escolhas e no desenvolvimento de outros exercícios.

A demonstração em sala de aula

A demonstração em sala serve a diversos objetivos pedagógicos:

a. apresentar um novo conteúdo, tendo como finalidade motivar os alunos;

b. ilustrar um fenômeno físico cuja teoria é apresentada, auxiliando o professor na conceituação e esclarecimento das relações funcionais;

c. desenvolver a percepção do aluno nas habilidades de observação e reflexão.

Podemos identificar várias modalidades de demonstração:

- *tradicional*: mostrar e comentar: o aluno observa e ouve o professor;
- *estruturada*: apresentação de uma experiência completa com registro de dados: o alunos acompanha um roteiro e levanta informações e dados;
- *previsão*: os alunos, individualmente, fazem previsões do que acontecerá, antes de observar uma demonstração;
- *previsão – observação – explanação* (*POE*).

A *demonstração tradicional* foi, e ainda é, a atividade experimental mais freqüentemente trabalhada em sala de aula, seja devido às limitações de ordem material ou às dificuldades de uso dos equipamentos. A manipulação geralmente é feita pelo professor, e ao aluno cabe agir como espectador.

Além disso, o ambiente experimental é organizado de modo que um certo fenômeno seja observado, forçando o aluno a refletir sobre aquilo que foi preparado para não falhar, levando-o a acreditar na sua percepção imediata, o que reflete uma visão empirista. Partindo da observação, o aluno aceita os fatos que falam por si, e deles são induzidas as leis físicas.

As estratégias utilizadas para a apresentação de uma demonstração podem modificar sua eficácia, sendo importante que os alunos sempre participem de forma ativa.

Dentre diversas técnicas propostas por pesquisadores da área de ensino de Física, Gunstone & White (1992) e Barros (1999) têm utilizado uma estratégia que pode envolver a turma, motivando os alunos a pensar sobre o fenômeno e expor suas idéias: a assim denominada *demonstração Previsão - Observação - Explanação* (*POE*). Trata-se de uma estratégia que engaja todos os alunos e é desenvolvida em três etapas:

a. na primeira etapa (P), apresenta-se uma situação descrita verbalmente e solicita-se que os alunos façam *previsões* e as justifiquem, discutam-nas em grupo e as registrem;

b. na segunda etapa (O), a turma observa a demonstração. Os alunos pensam e confrontam suas próprias explanações através da observação e encontram uma oportunidade de descobrir suas formas de pensar e as consistências/inconsistências de suas idéias;

c. na última etapa (E), o aluno confronta sua justificativa com a observação e modifica, ou não, seu registro.

Completa-se a demonstração com o professor aproveitando as intervenções individuais, para fazer uma reflexão mais aprofundada dos conceitos envolvidos à luz das idéias e convicções dos alunos sobre o tópico escolhido.

O laboratório tradicional

É o tipo de laboratório mais conhecido e divulgado, a tal ponto que quando se fala em laboratório didático, é o primeiro que nos vem à mente. Este laboratório transfere a atividade para os estudantes que, geralmente,

trabalham em pequenos grupos. O estudante tem participação ativa, mas, a liberdade e o poder de decisão ficam limitados porque têm de obedecer a um roteiro predefinido e não podem modificar a montagem experimental. O aluno trabalha com conceitos, leis e fórmulas prontas, e os objetivos a serem atingidos estão bem definidos.

Uma importante característica é o valor atribuído ao relatório experimental. Tudo é dirigido para tomada dos dados, elaboração de gráficos, análise dos resultados, comentários sobre erros experimentais. O relatório, às vezes, é completado na própria aula, outras vezes em casa, e torna-se um instrumento de *verificação de aprendizagem*. Assim, se os resultados estão de acordo com o desejado pelo professor, o aluno "aprendeu".

Soares (1977) aponta um dos maiores obstáculos:

> [...] *as conclusões são, muitas vezes, tiradas em casa, longe dos aparelhos e do fenômeno. A conclusão torna-se difícil, assim como a análise detalhada dos dados obtidos, porque o fenômeno fica reduzido a um conjunto de números.*

Faz uma crítica severa à expectativa do aluno-cientista,

> [...] *para um físico treinado, que viveu o fenômeno durante meses, estes números são excelentes representações do próprio fenômeno e... para o estudante apenas esquemas, com pouca ou nenhuma representatividade do fenômeno real.*

Apontamos as principais características do laboratório tradicional:

a. organização e estrutura rígida;

b. supervisão direta do professor que exige reprodutividade dos resultados;

c. reduzida liberdade de ação do aluno sobre o experimento e ênfase no relatório;

d. predominância de treinamento de habilidades.

Segundo Bruner (1960), essa forma de trabalho experimental valoriza o pensamento analítico em detrimento do pensamento intuitivo.

Esse tipo de laboratório é muito comum quando há condições de laboratórios instalados, tanto na universidade como no Ensino Médio. No Ensino Médio, quando existe, não apresenta rigidez em relação ao relatório.

O relatório seria a forma de introduzir o estudante no "método científico", por meio:

a. da organização dos procedimentos de escolha de variáveis;

b. da obtenção de dados, forma de tabelamento e construção de gráficos;

c. da análise de dados;

d. dos resultados e da conclusão final.

Em que pesem as críticas, hoje muito freqüentes, existe um consenso geral entre os professores que assumem a validade do laboratório tradicional no que diz respeito ao desenvolvimento de habilidades que só podem ser trabalhadas quando o aluno enfrenta a instrumentação, já que:

a. possibilita que o aluno interaja com o equipamento;

b. verifica (comprova) leis e princípios físicos;

c. habilita os estudantes no manuseio de instrumentos de medidas;

d. oferece suporte às aulas e/ou cursos teóricos.

Os objetivos citados, que são de fato consenso da grande maioria dos professores de Física, independentemente do grau de ensino que lecionam, mostram que a função primeira do laboratório convencional não é ensinar Física. Sua estrutura rígida de trabalho, que contempla apenas os conteúdos mais adequados para montagens experimentais, fica mais próxima do ensino do método experimental do que propriamente de Física.

Laboratório aberto

Diferente do laboratório tradicional, cujo roteiro é estruturado e rígido, o laboratório aberto apresenta um roteiro com alguns objetivos

predefinidos e algumas informações básicas e permite que os alunos formulem os experimentos. Nesse caso, o aluno tem de enfrentar o problema experimental, e deve planejar os procedimentos, que serão posteriormente discutidos e decididos com seu professor. Terá de compatibilizar seu planejamento com os recursos materiais disponíveis e planejar todos os passos.

Ainda nestes casos, temos que a ênfase se encontra no treinamento de habilidades experimentais, mostrando que o objetivo prioritário é o aprendizado do método experimental. Esse objetivo é reforçado a partir da solicitação de que o aluno planeje um experimento, transferindo procedimentos experimentais conhecidos para situações experimentais novas.

Outras variantes, ou opções possíveis, de laboratório aberto são:

- *Laboratório de Projetos*

No laboratório de projetos, o aluno precisa conhecer técnicas de medidas, procedimentos experimentais e também ter domínio de conteúdo sobre o tema a ser explorado. Esse laboratório tem como objetivo fazer uma nova experimentação e dificilmente poderá ser utilizado no Ensino Médio.

- *Laboratório divergente*

O laboratório divergente possibilita ao estudante trabalhar com sistemas físicos reais, oportunizando a resolução de problemas cujas respostas *não são preconcebidas* adicionado ao fato de poder decidir quanto ao esquema e ao procedimento experimental a ser adotado (IVANY; PARLETT, 1968).

O enfoque do laboratório divergente (SHOULE, 1970) tem duas etapas: na primeira, o estudante recebe uma descrição detalhada das questões a serem resolvidas ao término dos trabalhos, aprende a utilizar o equipamento, seguido dos procedimentos gerais a serem adotados, das medidas a serem tomadas e do funcionamento dos instrumentos de medida, recebendo, assim, instruções comuns a todos os alunos. O objetivo é a familiarização com os equipamentos, os instrumentos e as técnicas de medida.

A segunda etapa é a *experimentação* e cabe ao aluno escolher a atividade: quais os objetivos, hipóteses a serem testadas e como realizar as medidas. A liberdade de planejar, além de dar condições ao estudante

de vivenciar mais intensamente o "método experimental", o faz desenvolver independência na experimentação, dando vôo à criatividade.

Após o planejamento, o aluno discutirá com o professor para viabilizar a atividade com o material disponível e dentro do prazo previsto.

Laboratório circulante

O Laboratório Circulante, proposto por Saad e Pimentel (1979a, 1979b), é constituído por "*kits* experimentais" transportáveis, que ficam à disposição dos alunos compondo uma espécie de "biblioteca". O estudante pode retirar e levar para casa, onde realizará o experimento com liberdade de tempo e de repetições que ache necessárias. A devolução do kit deve ser acompanhada de um relato da experiência.

Esse laboratório se insere no contexto do processo ensino-aprendizagem como função *complementar* ao laboratório tradicional ou ao conteúdo desenvolvido em sala de aula. Sendo complementar, assume, como em toda e qualquer aula tradicional, o mesmo papel dos exercícios e problemas do livro texto.

Assim como os demais tipos de laboratório didático, esse também se torna uma espécie de apêndice ao processo de ensino. Sem dúvida, é de grande valia no auxílio da aprendizagem e desenvolvimento da habilidade, mas, ressalte-se, isto ocorrerá com o estudante que busca o kit para realizar o experimento em casa e explorá-lo à exaustão. Mas e aquele que não o fizer?

Os experimentos exploram fenômenos simples, princípios ou leis básicas. São de fácil manipulação e levam o estudante a desenvolver habilidades experimentais, iniciativa, análise e crítica, em um ambiente onde ele tem responsabilidade e liberdade de ação.

Exemplos

Como conclusão desta aula, vamos analisar um exemplo ilustrativo do que acabamos de expor. Nas aulas subseqüentes deste módulo, vamos analisar outros exemplos.

Nestes exemplos, você vai realizar as experiências propostas e responder às perguntas solicitadas. Você vai receber o material necessário e uma pequena ajuda do tutor no pólo.

É importante que você avalie o alcance didático destes exemplos e verifique os aspectos operacionais; tais como o custo do material utilizado, o tempo necessário para a execução da atividade proposta em função do tempo padrão de uma aula no Ensino Médio (50 minutos) e problemas correlatos. Discuta suas conclusões com os colegas!

Primeiro Exemplo

- Exemplo de Demonstração Estruturada: *Teorema da Energia Cinética e Trabalho*: *o problema das moedas*.

- Pré-requisito: Faça uma revisão sobre o Teorema da Energia Cinética e Trabalho no livro *Curso de Física – 2º grau / volume 1 (ou no volume único)* de Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga (Editora Scipione) para ter uma base de como o tema é abordado no Ensino Médio. No pólo, você poderá encontrar este livro.

- Descrição do sistema experimental:

Uma régua plástica de comprimento *l* contém *n* entalhes semicirculares onde podem ser colocadas moedas do mesmo diâmetro. A régua está fixa a um tabuleiro em uma de suas extremidades, no ponto O, em torno do qual pode girar. Quando a régua recebe um impulso, se movimenta, a partir da posição inicial, até colidir com o parafuso localizado no ponto P.

Colocando-se moedas iguais nos entalhes da régua, observa-se que elas se movimentam conjuntamente com a régua até esta chocar-se com o parafuso no ponto P. A partir desse instante a régua fica em repouso e as moedas se soltam e continuam se movimentando até eventualmente parar sobre o tabuleiro (veja a **Figura 2.3**).

Para simplificar o problema, vamos fazer algumas considerações :

1. O movimento inicial, até a colisão da régua com o parafuso, obedece a um movimento circular uniforme com velocidade angular (ω), constante, e igual a $\omega = v_i / r_i$, onde o subíndice i = 1, 2, 3, …n, indica a posição da moeda;

2. O atrito das moedas com o ar é desprezível.

ATIVIDADE

Para fazer a experiência, utilizaremos o dispositivo mostrado na **Figura 2.3** e uma régua milimetrada.

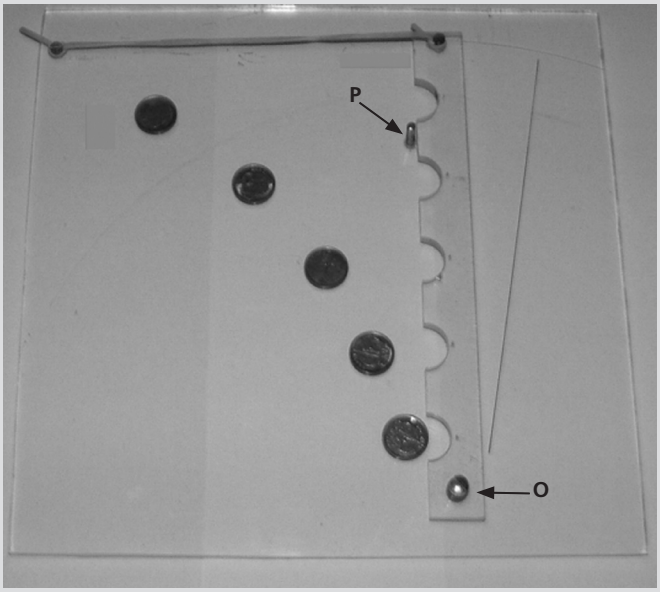


Figura 2.3: O problema das moedas: a fotografia mostra a montagem experimental.

Registre as informações necessárias, os dados experimentais e as condições em que foram obtidos para responder ao seguinte relatório:

1. Observação do fenômeno.

1.1 – Desloque a régua com as moedas nos encaixes e dê um pequeno impulso.

1.2 – Observe o movimento das moedas, quando é dado um pequeno impulso à régua.

1.3 – Descreva a distribuição final das moedas sobre o tabuleiro, para as diversas tentativas feitas. Desenhe a posição das moedas no tabuleiro.

2. Construção de um modelo físico para compreender o movimento das moedas.

2.1 – Quais as hipóteses feitas para descrever o movimento das moedas?

2.2 – Descreva um modelo teórico que explique a distribuição final das moedas no tabuleiro de acordo com as hipóteses feitas.

3. Descreva qualitativamente o movimento das moedas, considerando duas regiões:

3.1 – Antes de a régua colidir com o ponto P, o movimento das moedas é:

3.2 – Após a colisão com o ponto P o movimento das moedas é:

4. Escreva as equações que descrevem o movimento das moedas antes e após a colisão.

5. Escreva e aplique o teorema trabalho-energia à situação em estudo. Mostre os passos descritos e justifique-os.

6. Escreva uma expressão que relaciona as grandezas físicas relevantes para cada moeda: raio de rotação (ri), a distância percorrida (di), e a velocidade angular ω (suposta constante) e outras constantes.

7. Verificação experimental.

Verifique, experimentalmente, a relação obtida em (6) a partir da análise dos dados obtidos em sala de aula.

Organize uma tabela para apresentação dos dados:

8. Conclusão e Comentários.

Notas e Comentários

- O equipamento utilizado é de custo baixo e pode ser reproduzido com facilidade. Nesta atividade podemos pensar em distribuir um equipamento para cada grupo de três ou quatro alunos. Você poderia dar uma sugestão de como construí-lo utilizando material reciclável?

- Uma outra solução é construir um único equipamento, semelhante ao que você recebeu. Este equipamento é fabricado em acrílico transparente e tem dimensões adequadas para a instalação em um retroprojetor. Assim toda a experiência pode ser projetada sobre uma tela e observada por todos os alunos. O lançamento das moedas pode ser repetido facilmente, e comentado, pelo professor tantas vezes quantas julgar necessário. Uma transparência quadriculada pode ser intercalada entre o retroprojetor e o equipamento, para servir como sistema de referências e permitir a medida das coordenadas das moedas após um lançamento.

- Observe que as perguntas apresentadas no relatório apresentam uma organização, isto é, apresentam uma estrutura que leva o aluno a fazer uma aplicação, e verificar a validade do teorema da Energia Cinética e do Trabalho. O relatório, portanto, não é livre e sim conduzido por um conjunto de perguntas, tendo também a função de roteiro de atividades. O relatório deve ser distribuído para cada aluno e respondido individualmente.

- Uma parte muito importante da demonstração é o desenvolvimento do modelo teórico: quais as hipóteses relevantes para se interpretar os resultados obtidos. Para a criação do modelo teórico, a observação do fenômeno é fundamental. Uma etapa aberta, com os alunos, para a observação do fenômeno e discussão, deve anteceder qualquer outra atividade. Procure apresentar perguntas que estimulem a observação de certas características importantes do fenômeno.

O laboratório didático: metodologias e exemplos (II)

AULA 3

Meta da aula

Esta é a segunda aula do Módulo 2. Como indicamos na aula anterior, a meta geral deste módulo é dar uma visão do papel do laboratório didático escolar e das metodologias utilizadas para o ensino de Física.

objetivos

Vamos dar continuidade ao estudo de alguns exemplos de laboratório didático. Nesta aula, você deverá ser capaz de:

- identificar um exemplo de demonstração baseado no sistema *Previsão, Observação e Explanação* (POE);
- montar atividades experimentais utilizando materiais simples.

Pré-requisitos

Para a realização desta aula, você deve completar integralmente a Aula 1 do Módulo 2.

OBSERVAÇÕES GERAIS

A parte prática desta aula será desenvolvida no laboratório de Física do pólo com auxílio do seu tutor. No laboratório, estão todos os materiais necessários para completar as tarefas solicitadas.

Uma primeira leitura desta aula e o cumprimento dos pré-requisitos deverão ser feitos antes de você ir ao pólo realizar a parte prática.

Com a conclusão das atividades programadas para esta aula, você deverá preparar um relatório parcial. Como sugestão, não deixe para preparar o relatório parcial de cada aula ao final do Módulo 2. Ao final da aula, reserve um tempo para organizar todas as suas anotações.

INTRODUÇÃO

Na primeira aula do Módulo 2, discutimos a importância do laboratório didático para o ensino de Física. Vimos várias formas de aplicação de uma atividade prática programada.

> **!**
>
> O laboratório didático, no contexto em que o estamos estudando, não é um espaço fixo, rígido, reservado pela escola para as atividades experimentais de seus alunos, mas sim a própria atividade experimental. Seja qual for o lugar – a sala de aula, o pátio da escola, o museu –, a eficácia didática de uma aula não é determinada pelo lugar.

É importante ter em mente que essas formas se diferenciam essencialmente pelo método no qual os alunos são estimulados a adquirir um dado conhecimento. Da mesma forma que um método inteligente, bem aplicado, pode acelerar a alfabetização de uma criança, um método educacional mal concebido para este fim pode retardar a alfabetização, ou até mesmo, prejudicar o seu desenvolvimento intelectual. E essa é toda a questão que confrontamos, como professores.

Nesta aula, vamos discutir um segundo exemplo de laboratório didático, a demonstração *Previsão – Observação – Explanação (POE)*, que já comentamos na aula anterior. O método se caracteriza por uma forte interação aluno-aluno e aluno-professor. É uma estratégia que pode envolver toda a turma, motivando os alunos a pensar sobre o fenômeno e expor suas idéias. Como já vimos na Aula 1, ela é desenvolvida em três etapas:

a. Na primeira etapa (P), apresenta-se verbalmente uma situação e solicita-se que os alunos façam *previsões* e as justifiquem, as discutam em grupo e as registrem;

b. Na segunda etapa (O), a turma observa a demonstração. Os alunos pensam e confrontam suas próprias explanações por meio da observação e encontram uma oportunidade de descobrir suas formas de pensar e as consistências/ inconsistências de suas idéias.

c. Na última etapa (E), o aluno confronta sua justificativa com a observação e modifica, ou não, seu registro.

Completa-se a demonstração, com o professor aproveitando as intervenções individuais para fazer uma reflexão mais aprofundada dos conceitos envolvidos, à luz das idéias e convicções dos alunos sobre o tópico escolhido.

O exemplo que apresentamos a seguir é meramente ilustrativo. Você pode fazer a experiência sozinho, mas seria muito mais interessante trabalhar com outros alunos.

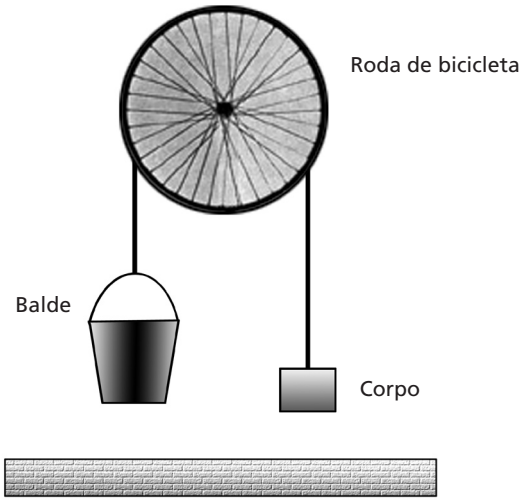
SEGUNDO EXEMPLO

Exemplo de demonstração na estratégia Previsão – Observação – Explanação (POE): *As Leis de Newton: A máquina de Atwood*.

Pós-requisito: Veja que temos aqui um pós-requisito. Nesta fase não é necessário rever a teoria da máquina de Atwood para realizar a demonstração. Queremos que você sinta o impacto de uma situação desafiadora e se coloque numa posição intelectual, tão próxima quanto possível, dos seus futuros alunos. Vamos considerar essa demonstração como uma atividade prévia ao estudo teórico da máquina de Atwood. Ao terminar a experiência e completar o questionário, faça uma revisão sobre a máquina de Atwood no livro *Curso de Física – 2º grau / volume 1* (*ou no volume único*), de Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga (Editora Scipione), para ter uma base de como o tema é abordado no Ensino Médio. Você encontra este livro no pólo.

Descrição do sistema experimental:

Apresenta-se a situação mostrada na figura, solicitando que os alunos façam previsões sobre o comportamento do sistema para as situações listadas a seguir. Essas previsões são registradas no caderno ou numa folha de respostas previamente distribuída. Além do equipamento mostrado na figura, o professor dispõe de um dinamômetro para auxiliar na medida das massas. A seguir, o professor inicia a demonstração.



CONDIÇÕES INICIAIS (OBSERVE A FIGURA)

a. O sistema está em repouso.

b. O corpo se encontra mais perto do chão que o balde.

Notação utilizada para registro:

P-J: Previsão - Justificativa
O: Observação
E: Explanação

a. Como se compara o peso do balde ao peso do corpo?

P-J

O

E

Ação: o professor compara as massas com auxílio de um dinamômetro.

b. O que acontece quando se coloca uma colher de sopa de água no balde?

P-J

O

E

Ação: o professor coloca uma colher de sopa de água no balde.

c. O que acontece quando se coloca 1 litro de água no balde?

P-J

O

E

Ação: segurando a roda, o professor despeja 1 litro de água no balde. Em seguida, libera a roda para a observação do resultado.

d. Como se compara a velocidade do balde quando está quase tocando o chão com sua velocidade num ponto próximo à posição inicial?

P-J

O

E

Ação: ainda com 1 litro de água no balde, o professor nivela os dois objetos e solta a roda para a observação do movimento. Repete a ação diversas vezes.

e. O corpo e o balde com massas iguais são colocados à mesma altura do chão. O corpo é puxado 50cm para baixo e fica sustentado pela mão. Pede-se que os alunos façam a previsão do que acontecerá quando for solto.

P-J

O

E

Ação: o professor retira a mão, soltando a máquina.

NOTAS E COMENTÁRIOS

As perguntas apresentadas são meramente ilustrativas. Poderiam ser outras e em um número maior. Esse ponto deve ser bem elaborado, levando-se em conta os objetivos que se quer atingir e as limitações de tempo em sala de aula. Com sucessivas aplicações da demonstração, em diferentes turmas e diferentes oportunidades, você vai adquirir experiência quanto à eficácia das perguntas propostas em face dos objetivos programados. Ao propor uma nova demonstração, considere que a condição ótima vem com a aplicação em sala de aula.

Verifique o equipamento utilizado: você poderia propor uma montagem com material reciclado? Observe que o equipamento deve ter um tamanho adequado para que possa ser facilmente observado por toda a classe.

Observe que, nesta demonstração, não apresentamos nenhuma fórmula pronta. A demonstração é integralmente qualitativa.

O relatório desta aula consiste na apresentação das respostas ao questionário POE, junto com os seus *comentários*.

O laboratório didático: metodologias e exemplos (III)

AULA 4

Meta da aula

Esta é a terceira e última aula do Módulo 2. Como indicamos nas aulas anteriores, a meta geral deste módulo é dar uma visão geral do papel do laboratório didático escolar e das metodologias utilizadas para o ensino de Física.

objetivos

Vamos dar continuidade ao estudo de alguns exemplos de laboratório didático. Nesta aula, você deverá,

- reconhecer um exemplo de laboratório tradicional;
- montar atividades experimentais utilizando materiais simples;
- produzir um roteiro para uma experiência.

Pré-requisitos

Para a realização desta aula, você deve completar integralmente as Aulas 1 e 2 do Módulo 2. Faça uma revisão sobre *forças de atrito* na Aula 18 do Módulo 2 da disciplina Física Básica 1A.

OBSERVAÇÕES GERAIS

- A parte prática desta aula será desenvolvida no laboratório de Física do pólo com auxílio do seu tutor. No laboratório estão todos os materiais necessários para completar as tarefas solicitadas.

- Uma primeira leitura desta aula e o cumprimento dos pré-requisitos deverão ser feitos antes de você ir ao pólo realizar a parte prática.

- Com a conclusão das atividades programadas, você terá o prazo de uma semana para preparar o relatório final que receberá uma nota.

INTRODUÇÃO

Vimos, na Aula 1 do Módulo 2 que o *laboratório tradicional* é o tipo de laboratório didático mais conhecido e divulgado. Neste laboratório, a atividade é centrada nos estudantes, que devem seguir um roteiro predefinido e não podem modificar a montagem experimental. O aluno trabalha com conceitos, leis e fórmulas prontas, e os objetivos a serem atingidos são bem definidos.
Vimos também que uma importante característica do laboratório tradicional é o valor atribuído ao *relatório*, que cumpre a função de instrumento de *verificação de aprendizagem*. O relatório é, em geral, individual.
Nesta última aula do Módulo 2 queremos que você interaja ativamente com o exemplo que vamos apresentar. Estamos solicitando a você que prepare um roteiro para a experiência que vamos realizar de modo que ela possa ser aplicada em uma turma de alunos do Ensino Médio. Fixamos como condição de trabalho, o material a ser utilizado e os objetivos a serem alcançados.

TERCEIRO EXEMPLO

Exemplo de laboratório tradicional: *Determinação qualitativa e quantitativa do atrito estático e cinético.*

Objetivos

- Compreender as diferenças entre atrito estático e cinético.
- Verificar quais são as grandezas físicas que influenciam o atrito.

Pré-requisito: Faça uma revisão sobre o *atrito* no livro *Física para o segundo grau* (GUIMARÃES; FONTE BOA, 1997), para ter uma base de como o tema é abordado no Ensino Médio. Este e outros livros-texto de Física, para o Ensino Médio, podem ser encontrados no pólo.

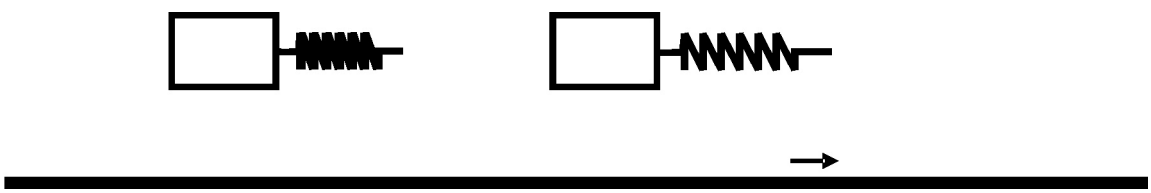
Conceitos básicos a serem explorados: Quando empurramos (ou puxamos) um objeto que está em repouso sobre uma mesa horizontal, temos dificuldades para colocá-lo em movimento. Surge uma força que depende do seu peso e das superfícies em contato. Essa é a força de atrito. No instante em que o corpo entra em movimento, a força passa a ser de *atrito cinético*, ligeiramente menor do que força de atrito, imediatamente antes do início do movimento, denominada força de *atrito estático*.

A força de atrito é expressa por $F = \mu.N$, onde μ é o *coeficiente de atrito*, que pode ser tanto $\mu_{estático}$ ou $\mu_{cinético}$. N é a força de reação da superfície de contato. N é normal à superfície de contato e, neste caso, igual ao peso $N = mg$.

Material utilizado:

- dinamômetro;
- régua milimetrada;
- blocos de madeira, forrados com diversos materiais (fórmica, madeira, borracha, papel de lixa).

Descrição: Para fazer esta experiência utilizaremos um dinamômetro. O dinamômetro é uma mola que se deforma elásticamente quando aplicamos uma força em sua extremidade. A força aplicada é proporcional à deformação e pode ser medida com auxílio da escala fixada no dinamômetro. É, assim, utilizado como um instrumento para medida de força.



Bloco com dinamômetro em equilíbrio e sendo puxado.

a) Monte esta atividade como mostra a figura anterior. Puxe o dinamômetro e faça a leitura da força aplicada no instante em que o bloco sai do repouso.

b) Mantendo uma velocidade aproximadamente constante, meça a força no dinamômetro no instante em que o bloco entra em movimento.

c) Compare as forças que agem sobre o bloco nas duas situações.

d) Utilizando blocos forrados de diferentes superfícies, repita os procedimentos *a* e *b* e registre numa tabela em ordem. Neste caso, ao trocarmos as superfícies de contato estaremos alterando os coeficientes de atrito.

e) Coloque um bloco sobre o outro e repita os procedimentos *a* e *b*. Neste caso, ao colocarmos os blocos uns sobre os outros, estaremos variando a força de reação normal.

Notas e comentários

A partir desta atividade e da análise dos resultados, prepare o roteiro. Para ajudá-lo nesta tarefa, vamos apresentar a seguir algumas sugestões de como organizar o roteiro:

a) *Título* – geralmente é um elemento de ligação com o conhecimento do aluno (equipamentos, lei ou princípio físico, propriedade do fenômeno etc.). O título deve chamar a atenção dos alunos e não necessariamente passar informação sobre o conteúdo formal de Física ou Matemática.

b) *Objetivos* – relacione os objetivos. Eles devem ser enunciados de forma clara e concisa.

c) *Procedimento* – são as orientações das ações a serem desenvolvidas pelos alunos para realizarem as atividades.

d) *Dados* – organize tabelas para a apresentação dos dados. Sempre que necessário, solicite a apresentação dos dados sob a forma de gráficos.

e) *Análise dos dados* – poderá ser feita por meio da construção do gráfico para se chegar ao modelo funcional do fenômeno estudado. Mas é importante que você esclareça a seus alunos que há outras formas de análise de dados.

f) *Conclusão* – ao término da atividade, você deverá pedir que os alunos registrem as atividades por escrito, sob a forma de um relatório, incluindo-se as respostas aos itens anteriormente mencionados. Assim, ele construirá e sistematizará seu conhecimento numa linguagem formal que é aceita por todos.

O relatório desta aula consiste na apresentação do roteiro com os seus comentários.

LEITURA RECOMENDADA

GUIMARÃES, L. A. ; FONTE BOA, M. *Física para o 2º grau*. São Paulo: Harbra, 1997. v. 1.

Experimentos de baixo custo: tratamento e análise de dados em Física Experimental (I)

AULA 5

Meta da aula

Este módulo está dividido em três aulas. Com ele você vai adquirir um pouco mais de prática na aplicação de experiências quantitativas de Física, em sala de aula, usando materiais simples.

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- reconhecer um exemplo de *laboratório didático tradicional* para sala de aula;
- montar atividades experimentais utilizando materiais simples;
- Fazer uma aplicação prática de introdução ao problema da análise de dados experimentais em Física ao nível do Ensino Médio.

Pré-requisitos

Para a realização deste módulo, você vai precisar rever alguns conceitos importantes. Vamos tratar da importância da medida em Física. Reveja a idéia do método científico como discutido na primeira aula do Módulo 1 do curso de Introdução às Ciências Físicas 1. Faça uma revisão dos complementos 2 e 3 deste mesmo curso, onde sistemas de medidas, algarismos significativos, incerteza ou erro da medida são discutidos. Esses mesmos conceitos foram aprofundados nas atividades práticas das disciplinas de Física já cursadas por você. Reveja, por exemplo, o anexo *Introdução ao tratamento de dados,* da Aula 12, e o Apêndice sobre *medidas indiretas e propagação de incertezas*, da Aula 20 do curso de Física Básica 1A. Você vai encontrar um texto interessante sobre o assunto no Capítulo I do livro *Curso de Física Básica 1 – Mecânica* do professor Moysés Nussenzveig, livro este que você pode encontrar no pólo.

INTRODUÇÃO

Neste módulo, vamos abordar a importância da realização de experimentos em sala de aula. Trata-se de uma das formas mais completas de instrumentalização para o ensino de Física.

Um dos aspectos limitadores, fonte de permanente preocupação por parte dos professores de Física, são os custos envolvidos, particularmente nas escolas da rede pública onde os recursos materiais costumam ser muito escassos.

Queremos exercitar a idéia de que a qualidade de uma prática experimental do ponto de vista pedagógico não está associada a custos altos. Com recursos muito simples, de baixo custo, que podem ser adquiridos em papelarias ou lojas de ferragens de qualquer cidade, podemos realizar experiências muito ricas e extremamente instrutivas. Teremos a oportunidade de conhecer vários exemplos.

!

Aproveitamos aqui para chamar a sua atenção quanto a um detalhe importante: fique atento às oportunidades de reciclar os materiais de uso doméstico para experiências em sala de aula. Com um pouco de criatividade, é possível aproveitar quase tudo que vai para a lata do lixo. O interessante é que você sempre poderá envolver sua classe nessas atividades!

Nos pólos, você vai encontrar um estoque de produtos para trabalhar, dentre os quais você vai reconhecer facilmente vários itens que fazem parte do seu dia-a-dia. Um conjunto de ferramentas simples estará disponível para a execução das tarefas.

Vamos aplicar esse recurso de instrumentalização a um tema fundamental e ao qual se dá muito pouca importância nas práticas atuais do ensino de Física na escola secundária: a Física como ciência experimental. Lembre-se aqui destas observações contidas no capítulo 1 do livro *Curso de Física Básica 1* (NUSSENZVEIG, 2001).

> A observação e experimentação são ponto de partida e ao mesmo tempo teste crucial na formulação das leis naturais. A Física, como a ciência natural, parte de dados experimentais. Por outro lado, o bom acordo com a experiência é o juiz supremo da validade de qualquer teoria científica. Assim, o diálogo Hegeliano: "Só pode haver sete planetas. - Mas isso contradiz os fatos! - Tanto pior para os fatos!" representa o oposto da atitude científica. A única autoridade reconhecida como árbitro decisivo da validade de uma teoria é a verificação experimental de suas conseqüências (p. 3).

Esta questão é tão central para o desenvolvimento da Física que gostaríamos que você pudesse aprofundá-la.

Um segundo aspecto importante associado ao nosso tema é o fato de que a Matemática é a linguagem básica da Física. Para lembrar esta questão, citamos mais uma vez este outro texto do professor Moysés Nussenzveig:

> A Física deve grande parte de seu sucesso como modelo de ciência natural ao fato de que sua formulação utiliza uma linguagem que é, ao mesmo tempo, uma ferramenta muito poderosa: a Matemática. Na expressão de Galileu, "a Ciência está escrita neste grande livro colocado sempre diante de nossos olhos – o Universo – mas não podemos lê-lo sem apreender a linguagem e entender os símbolos em termos dos quais está escrito. Este livro está escrito na linguagem Matemática" (2001).

Estas duas idéias centrais devem sempre envolver o debate em sala de aula sobre qualquer tema de Física que esteja sendo abordado. Experimentar, no contexto que estamos tratando, significa freqüentemente *medir* certas grandezas e correlacioná-las através de equações matemáticas. Com o desenvolvimento da Ciência, vemos hoje que medir é uma ação muito elaborada, com vários detalhes associados, que precisamos conhecer e praticar.

O tema desta aula tem uma posição muito importante no planejamento de todo curso de Física. As questões relacionadas à medida e à análise de dados experimentais são pré-requisitos fundamentais para todas as atividades experimentais que façam parte de uma planejamento global para um curso de Física. Sem saber medir e interpretar um resultado, não é possível o pleno entendimento de um experimento didático.

Essa questão é muito importante porque observamos que esses fundamentos não são, em geral, apresentados em nossas escolas de Ensino Médio. O assunto é tratado pela primeira vez nos cursos técnicos superiores, evidenciando essa inversão negativa dos conteúdos de Física ministrados no Ensino Médio. Isso precisa mudar.

Em outra extremidade, temos as preocupações esboçadas pelos PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio) para o ensino de Física. As questões relativas à medida e à análise de dados experimentais têm implicações evidentes no cotidiano do cidadão e nas atividades profissionais.

Vamos estudar e realizar uma atividade prática aplicada durante muitos anos no curso de Física Experimental I do ciclo básico das áreas de Engenharia e Ciências Exatas, ministrado pelo Instituto de Física da UFRJ. Esta era a primeira atividade prática do curso de Física Experimental I dedicada à medida e tinha por objetivo, na primeira parte, apresentar noções sobre *algarismos significativos, operações com algarismos significativos, leitura de uma escala* e *incerteza* ou *erro de uma medida*. Na segunda parte, era utilizada uma experiência muito simples para mostrar como medidas poderiam ser usadas para testar uma hipótese científica, ou melhor, um modelo teórico.

EXPERIÊNCIA

Objetivos:

1. Medir, com as réguas U, D e C, o comprimento de um cilindro.
2. Medir, com um termômetro, a temperatura da sala de aula.
3. Medir, com um transferidor, os ângulos internos de triângulos.
4. Medir a razão entre a circunferência de um círculo e o seu diâmetro, o número π (pi), e comparar com o valor previsto teoricamente.

Materiais necessários:

- Réguas U, D e C.
- Discos de CD-ROM e pratos plásticos de diversos diâmetros.
- Fita métrica de tecido.
- Régua milimetrada.
- Tubos cilíndricos de PVC de diversos comprimentos.
- Termômetro de álcool.
- Transferidor.
- Triângulos de cartolina de diversos tamanhos e formatos.

Observações preliminares

P.1 – O livro-texto para o Ensino Médio que vamos adotar é o *Física Básica*, vol. 1, de Beatriz Alvarenga e Antônio Máximo. Este livro pode ser encontrado na biblioteca do pólo. Leia com atenção o Capítulo 1: "Algarismos significativos".

Lembre-se sempre de que o nosso foco de atenção é a sala de aula. Precisamos estar atentos, a todo momento, à repercussão de todas as tarefas que vamos realizar com os nossos alunos.

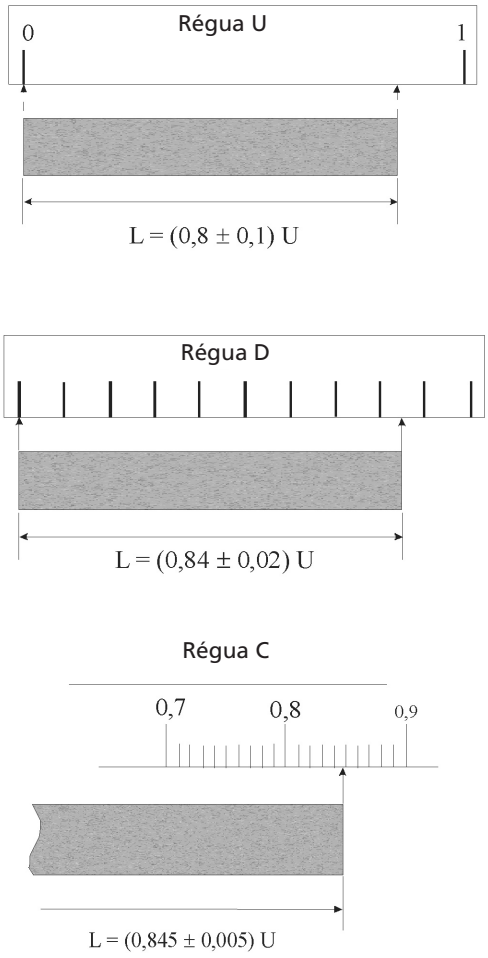


Figura 5.1

P.2 – A experiência que vamos realizar é muito simples, sendo constituída de cinco partes. A primeira parte (A.1) é preparatória e dedicada apenas ao professor. Na segunda parte (A.2) vamos fazer uma *medida direta* do comprimento de um tubo cilíndrico, isto é, vamos comparar o comprimento do cilindro com um padrão, fornecido pela régua. Vamos utilizar três réguas: uma régua graduada em unidades U (régua U), uma régua graduada em décimos de U (régua D) e uma régua graduada em centésimos de U (régua C). A unidade U é uma unidade arbitrária. Para o que se segue, observe a **Figura 5.1**. Com a régua U, podemos medir diretamente o algarismo da unidade (U) e estimar o décimo da unidade. Para tanto, fazemos um subdivisão mental em dez partes e estimamos a fração de U que excede a marca 0. No caso ilustrado, o autor da medida estimou em 8/10 a fração excedente. Como o autor estava seguro da possibilidade de dividir mentalmente a unidade U em dez partes, ele atribuiu esta divisão, de 1/10 U, como margem de confiança ou, mais simplesmente, como a incerteza na medida. O resultado foi assim registrado como (0,8 ± 0,1) U.

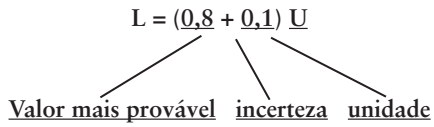
> **!**
>
> Observe que não existe uma resposta única para o algarismo estimado: duas pessoas podem estimar valores diferentes! O máximo que podemos dizer é se uma medida está bem estimada ou não. No exemplo da **Figura 5.1**, podemos dizer que uma medida como 0,5 U é uma má estimativa.

Se o experimentador considerar que uma subdivisão mental em dez partes é excessiva, ele pode optar em dividir mentalmente em cinco partes, de 0,2 em 0,2 U. Se mesmo assim for excessivo, podemos, pelo menos, dividir pela metade, o que significa registrar a medida de 0,5 em 0,5 U. O fato é que é sempre possível se estimar mais um algarismo além da menor divisão da escala.

Por outro lado, esta mesma conclusão nos mostra que é impossível continuar uma subdivisão mental indefinidamente, e, conseqüentemente, toda medida tem um número finito de algarismos que denominamos *algarismos significativos*, pois traduzem uma informação objetiva, ou seja, com significado. Isto vale para toda e qualquer medida experimental.

É muito importante fixar a idéia de que o registro correto de uma medida envolve os três elementos:

- o valor mais provável;
- a incerterza;
- a unidade.



Com a régua D podemos medir diretamente o décimo de U e estimar a fração que excede a oitava marca da escala fazendo uma subdivisão mental em 1/10 D. Como 1 D é uma extensão pequena, o autor da medida preferiu (por se sentir mais seguro) dividir em cinco partes e registrou a medida como (0,84 ± 0,02) U. Observe que o algarismo que foi estimado com a régua U foi agora lido diretamente na régua D e, dentro da incerteza registrada, este algarismo foi confirmado.

Com a régua C podemos medir o centésimo de U e estimar a fração que excede em 1/10 C. No entanto, como 1 C é uma extensão menor ainda que 1 D, dividiu-se em apenas duas partes, registrando a medida como (0,845 ± 0,005) U.

Assim, os algarismos significativos de uma medida são os algarismos que temos certeza mais um algarismo duvidoso, decorrente de uma estimativa pessoal. Com a régua U obtemos uma medida com apenas um algarismo significativo; com a régua D obtemos dois algarismos significativos e com a régua C, três algarismos significativos.

Lembre-se de que o zero à esquerda da vírgula não é considerado um algarismo significativo pela simples razão de que pode desaparecer do registro da medida por uma simples mudança de unidade, como por exemplo: 0,8 U = 8 D.

P.3 – Na terceira e quarta partes (A.3 e A.4) vamos aplicar as conclusões obtidas na segunda parte, para outras escalas. Procedendo desta maneira, queremos generalizar os critérios ali adotados. Como sugestão simples, vamos usar um termômetro (A.3) graduado em graus Celsius que nos permite medir a temperatura até a metade da menor divisão, isto é, 0,5°C.

Com o transferidor (A.4), vamos usar uma escala decimal não-retilínea, graduada em graus, que nos permite medir um ângulo até a metade da menor divisão, ou seja, 0,5°. Nos dois exemplos as escalas são tão reduzidas que não é possível uma estimativa de um fração menor do que ½ da menor divisão.

P.4 – Na quarta e quinta (A.4 e A.5) partes vamos fazer algumas *medidas indiretas*. Na quarta parte (A.4) vamos medir a soma dos ângulos internos de um triângulo, $S = \alpha + \beta + \gamma$.

Na quinta parte (A.5) vamos medir a razão entre a circunferência (C) de um círculo e o seu diâmetro (d), o número π(pi) = C/d. Como sabemos, essa razão independe do tamanho do círculo. É uma constante universal, um número admensional, o primeiro número irracional descoberto pela Matemática. Seu valor expresso com cinco algarismos significativos é $\pi = 3,1416$.

Nesta etapa vamos agregar novos elementos à atividade:

- as medidas de S e de π são *indiretas*;
- vamos usar o *sistema métrico* internacional (SI);
- temos um previsão teórica para as medidas que vamos realizar.

A medida de π é muito simples: envolvemos cuidadosamente um disco com a fita métrica e medimos a circunferência (C). Em seguida, usamos a régua para medir o diâmetro (D). Note que a régua deve ser posicionada ao longo de um diâmetro, isto é, um segmento reto que passa pelo centro do disco. Veja, no entanto, que o centro não está marcado no disco. A fita métrica está graduada em centímetros e a régua está graduada em milímetros.

Os resultados obtidos para S e p devem ser comparados com os respectivos valores esperados. A melhor maneira para fazer isto é calcular a discrepância relativa (D). Para o caso de π, temos,

$$D\,(\%) = 100.\,|\,\pi_{experimental} - \pi_{teórico}\,|\,/\,\pi_{experimental}.$$

P.5 – Para as medidas indiretas, encontramos um outro problema que precisa ser bem discutido em sala de aula: se as medidas diretas têm uma quantidade limitada de algarismos significativos, o mesmo deve acontecer com as medidas indiretas. Assim, com quantos algarismos significativos devemos escrever o resultado obtido para π, por exemplo? Uma resposta comum é dar o resultado com tantos algarismos quantos apareçam no visor da máquina de calcular.

Você aprendeu que, para saber com quantos algarismos devemos expressar o resultado de uma medida indireta, precisamos proceder à *propagação das incertezas*. No entanto, para uma atividade introdutória, este tratamento é prematuro e deve ser postergado para uma fase em que os alunos tenham adquirido maior familiaridade com as propriedades gerais da medida. Vamos discutir um pouco mais esta questão na próxima aula.

Numa primeira fase, é mais interessante a aplicação das *regras de manipulação com algarismos signficativos* (veja como o assunto é abordado na referência 1). Essas regras são quase intuitivas e facilmente assimiladas, e servem como uma preparação para uma discussão mais profunda envolvendo a propagação das incertezas.

ATIVIDADES

1. Preencha a Folha de Respostas com as respostas às perguntas solicitadas abaixo. Não se esqueça de registrar as medidas com as suas respectivas incertezas e unidades.

Dos materiais que você está recebendo, apenas as réguas U, D e C não podem ser compradas diretamente no comércio. Essas réguas precisam ser fabricadas pelo professor. Como primeira atividade, você vai produzir um jogo de réguas U, D e C. Considere a orientação a seguir apenas como uma sugestão. Se você tiver uma outra sugestão de como fazer essas réguas, preencha o espaço reservado na Folha de Respostas. Posteriormente, nós vamos divulgar as melhores sugestões para todos os alunos do curso em nossa página na plataforma do CEDERJ.

> **!**
>
> Um conselho importante: procure fazer o melhor. Os seu alunos estão sempre atentos aos detalhes, particularmente aos de acabamento! Materiais mal construídos passam quase sempre a "mensagem subliminar": Isto não é sério!

SUGESTÃO

As réguas podem ser construídas com tiras de papel-cartão. Sobre as tiras colamos as escalas U, D e C, que podem ser previamente preparadas com auxílio do computador. Naturalmente, você poderá tentar fazê-las manualmente, mas lembre-se de que a régua C tem 100 divisões, o que representa um bom trabalho! Por outro lado, as chances de se produzirem falhas no desenho é muito grande.

As escalas podem ser facilmente produzidas com um editor de texto como o Word, utilizando-se a função de criação de tabelas. Veja o resultado na folha em anexo. A tabela gerada pode ser impressa, com a opção de máxima qualidade, numa impressora de jato de tinta e posteriormente reproduzida na quantidade desejada via xerox. Para cortar as escalas em tiras, dê preferência ao estilete, uma vez que as bordas das tiras precisam ficar bem retilíneas.

O papel-cartão pode ser substituído por réguas de plástico (20cm). A régua de plástico tem a vantagem de ser mais durável que o papel-cartão.

2. Meça o comprimento (L) dos três tubos de PVC e preencha as tabelas abaixo.

Tubo I:

	L
Régua U	
Régua D	
Régua C	

Tubo II:

	L
Régua U	
Régua D	
Régua C	

Tubo III:

	L
Régua U	
Régua D	
Régua C	

3. Com auxílio do termômetro a álcool, meça a temperatura da sala:

T = (_____ ± _____) _____

4. Com auxílio de um transferidor, meça os ângulos internos dos três triangulos de cartolina. Compare o valor encontrado para a soma dos ângulos com o valor previsto teoricamente para um triângulo plano ideal.

_____

_____

_____

Triângulo I

	(grau)
α	_____±_____
β	_____±_____
γ	_____±_____
Soma:	
Discrepância (%)	

Triângulo II

	(grau)
α	_____±_____
β	_____±_____
γ	_____±_____
Soma:	
Discrepância (%)	

Triângulo III

	(grau)
α	_____±_____
β	_____±_____
γ	_____±_____
Soma:	
Discrepância (%)	

5. Determinação experimental do número Pi. Com auxílio de uma fita métrica, determine o perímetro dos três discos. Com auxílio de uma régua milimetrada, determine os diâmetros e preencha os espaços abaixo.

!

Pi é um número difícil de calcular porque é um irracional imprevisível: sua representação decimal não mostra nenhuma previsibilidade, sendo que se acredita que seus algarismos se distribuam aleatoriamente. Os cálculos já realizados tendem a confirmar essa conjectura. Por exemplo, examinando os 200 bilhões de algarismos iniciais do p, calculados em 1999 por Yasumasa Kanada e Daisuke Takahashi, da Universidade de Tóquio, encontramos a seguinte distribuição:

Dígito	número de ocorrências
0	20000030841
1	19999914711
2	20000136978
3	20000069393
4	19999921691
5	19999917053
6	19999881515
7	19999967594
8	20000291044
9	19999869180

Disco I

Circunferência	Diâmetro	Pi	Discrepância
C = (___ ± ___) __	d = (___ ± ___) __	p = _____	D = _____

Disco II

Circunferência	Diâmetro	Pi	Discrepância
C = (___ ± ___) __	d = (___ ± ___) __	p = _____	D = _____

Disco III

Circunferência	Diâmetro	Pi	Discrepância
C = (___ ± ___) __	d = (___ ± ___) __	p = _____	D = _____

6. Você considera todo material usado nesta experiência de fácil obtenção? Você poderia avaliar os custos de todo o material usado? Consulte o comércio local para responder.

_____
_____
_____

7. Em sua opinião, utilizar um termômetro em uma classe que não tenha aprendido formalmente a definição de *temperatura* e das *escalas termométricas* é didaticamente aceitável?

_____
_____
_____

8. Fazer uma previsão do tempo necessário para a realização de uma experiência é fundamental. Uma experiência que consuma muito tempo pode se tornar inviável para um único tempo de aula padrão de 50 minutos, mas pode se tornar viável se o professor, dispõe de um turno de dois ou três tempos seguidos. Qual o tempo estimado, gasto por você, para executar as Atividades 2, 3, 4 e 5?

_____
_____
_____

9. Dê uma sugestão de como as réguas U, D e C podem ser preparadas.

_____
_____
_____

CONCLUSÃO

Como conclusão, procure refletir e debater com seus colegas as seguintes questões:

As medidas experimentais de S e π, obtidas por você, são satisfatórias? Quais os critérios que devemos usar para responder a esta pergunta?

Se as medidas não forem satisfatórios, quais os possíveis fatores objetivos que influenciaram esse resultado? A esses fatores podemos denominar genericamente *fontes de erro* da experiência. O que fazer para evitá-los ou minimizá-los?

Considerar um CD-ROM e um triângulo de cartolina como representações perfeitas das respectivas figuras geométricas ideais é uma hipótese de trabalho. Isto é um modelo teórico ou um fato que devemos aceitar como verdade irrefutável?

Faça uma relação de todos os conceitos e noções elementares que você considera que podem ser explorados nas atividades propostas. Com as atividades propostas, você considera que estes objetivos podem ser atingidos?

Para finalizar a sua conclusão, faça um planejamento esquemático para a apresentação das atividades em sala de aula. Procure considerar a seguinte questão: todas as atividades propostas, A.2, A.3, A.4 e A.5, devem ser apresentadas e discutidas com os alunos, em conjunto, numa única aula? Justifique o seu planejamento.

NOTAS E COMENTÁRIOS

Como uma variante para a Atividade A.3, podemos usar termômetros clínicos de mercúrio, que podem ser comprados facilmente em farmácias, e medir a temperatura do corpo, em vez da temperatura da sala. Essas alternativas são, por vezes, mais indicadas porque ampliam a interação com outras áreas da Ciência e contextualizam a atividade. É importante estar atento a estas possibilidades. Neste sentido, reveja a sua resposta à questão A.7.

Como uma variante para a medida do perímetro do círculo, podemos usar, em vez da fita métrica, uma simples tira de papel: envolvemos o disco com a tira de papel e marcamos, na tira, a posição exata em que o perímetro se fecha. Após então, retificamos a tira sobre uma mesa e medimos o perímetro com uma régua.

ANEXO

Modelo para as réguas U, D e C feitas com a função "Tabelas" do Ms-Word.

Régua C	Régua D	Régua U

Experimentos de baixo custo: tratamento e análise de dados em Física Experimental (II)

AULA 6

Meta da aula

Esta é a segunda aula do Módulo 3. Nesta aula, você vai adquirir um pouco mais de prática na aplicação de experiências quantitativas de Física, em sala de aula, usando materiais simples.

objetivos

Durante esta aula, você:

- aprenderá um exemplo de *laboratório didático tradicional* aplicado em sala de aula;
- aprenderá a montar atividades experimentais utilizando materiais simples e alguns instrumentos de medidas básicos como paquímetro e balança;
- fará uma aplicação prática de introdução ao problema da *propagação de erros* para medidas indiretas ao nível do Ensino Médio.

Pré-requisitos

Para a realização desta aula, você precisa ter concluído integralmente a primeira aula do Módulo 3 (Aula 5). Reveja com cuidado os pré-requisitos indicados na Aula 5.

INTRODUÇÃO

Na primeira aula do Módulo 3 (Aula 5) realizamos um conjunto de experiências com materiais muito simples e de baixo custo. Vimos como é possível introduzir conceitos importantes como o de incerteza ou erro de uma medida, algarismos significativos e de operação com algarismos significativos. Agora devemos avançar um pouco mais e estudar uma proposta de instrumentalização para uma aula sobre *propagação de incertezas* ou, mais coloquialmente, *propagação de erros*.

Como você bem sabe, esse problema para ser abordado de uma forma mais completa necessita de noções de cálculo diferencial. Portanto, à primeira vista parece um tema inapropriado para um curso de Física do Ensino Médio. Entretanto, se o problema é restrito às operações aritméticas simples, podemos tratar a questão com argumentos matemáticos simples e acessíveis.

Dentre os diferentes métodos de calcular a incerteza propagada para uma medida indireta está o cálculo da *incerteza limite*, ou simplesmente, *erro limite*. Este método tem a vantagem de ser mais simples e intuitivo e serve como base para o desenvolvimento mais completo da teoria da propagação das incertezas, nos cursos mais avançados.

Nas experiências que vamos realizar, aproveitaremos para introduzir outros instrumentos de medida. Particularmente interessante são os instrumentos digitais. Neste caso, o instrumento não possui uma escala, mas sim um visor de cristal líquido. É o caso, por exemplo, da maioria dos modelos modernos de balanças, multímetros, e de alguns relógios e cronômetros. A tecnologia digital vem tomando todos os espaços na construção de instrumentos de medida.

INCERTEZA LIMITE

Considere que a medida do comprimento de um retângulo é $a = (2{,}4 \pm 0{,}1)$cm e a largura, $b = (14{,}1 \pm 0{,}3)$cm. Qual o valor de semiperimetro $p = a + b$? As medidas de a e b estão determinadas dentro de um intervalo de incerteza. Qual o maior valor que podemos encontrar para p? A resposta é imediata: somamos o maior valor de a com o maior valor de b. Neste caso, $2{,}5 + 14{,}4 = 16{,}9$. Qual o menor valor para p? Somamos o menor valor de a com menor valor de b: $2{,}3 + 13{,}8 = 16{,}1$. Assim, o resultado final pode ser escrito, $p = (16{,}5 \pm 0{,}4)$cm. Isto é a mesma coisa que somarmos os melhores valores de a e b e atribuirmos como incerteza a soma das incertezas destas medidas: $p = ((14{,}1 + 2{,}4) \pm (0{,}1+0{,}3))$cm. A incerteza limite garante que a medida de p estará, necessariamente, dentro do intervalo calculado.

No caso da subtração, se queremos medir a diferença entre os lados, $w = b - a$: qual o maior valor que podemos encontrar para w? Neste caso, devemos subtrair o *maior* valor de b do *meno*r valor de a: 14,4 – 2,3 = 12,1. Qual o menor valor de w? Subtraímos o *menor* valor de b do *maior* valor de a: 13,8 – 2,5 = 11,3. Assim, o resultado final é $w = (11{,}7 \pm 0{,}4)$cm. Isto é a mesma coisa que subtrair os melhores valores de b e a e atribuir como incerteza a soma das incertezas dessas medidas: $p = (\,(14{,}1 - 2{,}4) \pm (0{,}1 + 0{,}3))$cm. Veja que neste caso também somamos as incertezas!

Para o caso da multiplicação, podemos avaliar o erro limite fazendo um desenvolvimento simples. Vamos admitir que temos de calcular a área A deste retângulo, dada por $A = a.b$. Podemos desenvolver explicitamente o produto e obter,

$$A = (a \pm \Delta a) \,.\, (b \pm \Delta b) = a.b \pm a.\,\Delta b \pm b.\,\Delta a + \Delta a.\,\Delta b$$

onde Δa e Δb simbolizam as incertezas em a e b, respectivamente. Como na maioria dos casos, as incertezas são pequenas comparadas com as próprias medidas, podemos desprezar a última parcela e adotar a seguinte aproximação,

$$A = (a \pm \Delta a) \,.\, (b \pm \Delta b) = a.b \pm a.\,\Delta b \pm b.\,\Delta a,$$

ou

$$A = (a \pm \Delta a) \,.\, (b \pm \Delta b) = a.b \pm (a.\,\Delta b + b.\,\Delta a)$$

No exemplo em questão, vamos obter para a área:

$$A = (2{,}4 \text{ x } 14{,}1 \pm (2{,}4 \text{ x } 0{,}3 + 14{,}1 \text{ x } 0{,}1))\text{cm}^2$$

$$A = (33{,}84 \pm 2{,}13)\text{cm}^2.$$

Devemos ainda proceder, como convenção, o arredondamento do resultado, de maneira a registrar a incerteza com apenas um algarismo significativo, o que resulta em $A = (34 \pm 2)\text{cm}^2$. Assim, no caso da multiplicação, a incerteza limite é dada pela fórmula $a.\Delta b + b.\,\Delta a$.

Como um caso particular do produto, encontramos a situação do produto de uma medida por uma constante numérica que se conhece com exatidão. Por exemplo, se queremos medir o perímetro do retângulo, devemos multiplicar o semiperímetro por 2. Neste caso, fazemos $2p = 2 \times (16{,}5 \pm 0{,}4) = ((2 \times 16{,}5) \pm (2 \times 0{,}4)) = (33{,}0 \pm 0{,}8)$cm. A constante multiplica tanto o melhor valor quanto a incerteza.

No caso da divisão, se queremos calcular a razão $R = b/a$, um desenvolvimento semelhante mostra que a incerteza limite é dada por $\Delta R = (a.\ \Delta b + b.\ \Delta a)/a^2$. Podemos resumir esses resultados na tabela abaixo:

Tabela 6.1

		Erro Limite
1	X + Y	$\Delta X + \Delta Y$
2	X – Y	$\Delta X + \Delta Y$
3	a . X (a = constante)	a . ΔX
4	X . Y	$Y.\Delta X + X.\Delta Y$
5	X / Y	$(Y.\Delta X + X.\Delta Y) / Y^2$

Observe que, na derivação destas relações, não usamos nenhum argumento que não seja acessível a um aluno do Ensino Médio.

A aplicação do *erro limite*, em cursos mais avançados, é restrita a situações em que as *medidas diretas* são obtidas por leituras diretas de uma escala, ou seja, as incertezas das medidas diretas são incertezas puramente instrumentais. Essa separação se deve ao fato de que a incerteza de uma medida nem sempre é decorrente da leitura de uma escala. Na maioria dos casos, a incerteza de uma medida direta tem uma origem *estatística*. Vamos abordar esta questão na terceira aula deste módulo (Aula 7).

A vantagem na propagação das incertezas pelo método do erro limite, no nosso caso, é sua simplicidade conceitual, tendo por base um critério claro e objetivo. Fica transparente para os alunos, nesta discussão, o efeito de *propagação das incertezas*.

Exercício: derive a relação para o erro limite no caso da divisão.

!

Como devemos proceder a propagação das incertezas no caso geral, em que $y = f(x_1, x_2, x_3,...,x_N)$? Em outras palavras, as grandezas x_i são medidas diretamente, $x_i = x_{io} \pm \Delta x_i$ e desejamos medir y, de forma indireta, por meio de uma relação funcional dada, que exprime uma certa lei física: qual o melhor valor para y e como a incerteza se propaga para esse valor? O melhor valor para y se obtém, substituindo-se na função os melhores valores de x_i : $y_o = f(x_{1o},x_{2o}, x_{3o},...,x_{no})$. A incerteza em y, calculada pelo *método do erro limite*, leva em consideração o fato de que, em geral, as incertezas Δx_i são pequenas quando comparadas com as próprias medidas. Assim, podemos fazer uma expansão em série de potências $(\Delta x_i)^n$ (*séries de Taylor*) e desprezar as contribuições de ordens superiores a $n = 2$:

$$\Delta y = \left|\frac{\partial f}{\partial x_1}\right|_0 . \Delta x_1 + \left|\frac{\partial f}{\partial x_2}\right|_0 . \Delta x_2 + ... + \left|\frac{\partial f}{\partial x_N}\right|_0 . \Delta x_N$$

ou,

$$\Delta y = \sum_{i=1}^{N} \left|\frac{\partial f}{\partial x_i}\right|_0 . \Delta x_i$$

Ao tomar o módulo das contribuições parciais, estamos garantido que todas as fontes de incertezas se somam para dar a combinação mais desfavorável, o valor limite. Sem dúvida, é uma visão pessimista das coisas! Quando as incertezas não são puramente instrumentais, os tratamentos estatísticos apontam para soluções menos radicais. Tente utilizar a relação anterior para derivar as fórmulas de propagação para as operações aritméticas (**Tabela 6.1**).

Experiência

Objetivos:

- Medir a tensão elétrica de uma pilha comercial.
- Medir o volume de esferas de aço.
- Medir a massa de esferas de aço.
- Medir a densidade do aço.

Materiais necessários:

- Multímetro digital de 3 1/2 dígitos.
- Paquímetro (1/20mm).
- Balança (1/10g).
- Proveta graduada (250ml).
- Esferas de aço.
- Pilha de 1,5V.

OBSERVAÇÕES PRELIMINARES

P.1 – Nesta experiência estamos com um conjunto diversificado de grandeza físicas a serem medidas: comprimento, massa, densidade e tensão elétrica. Pode parecer à primeira vista que, ao usar um multímetro, estamos restringindo a aplicação desta prática às turmas das séries mais avançadas do Ensino Médio, isto é, turmas que já tenham estudado Eletricidade e circuitos elétricos. Não é bem assim. Estamos usando o multímetro para apresentar um instrumento de medida digital. Não estamos interessados na tensão elétrica gerada pela pilha, mas sim no instrumento usado para medi-la. A maioria dos jovens sabe que as pilhas comerciais usadas nas lanternas, nos aparelhos portáteis de CD, nos rádios portáteis etc. têm uma tensão elétrica de 1,5 volts e que este valor especifica de uma certa maneira a capacidade da pilha realizar um certo trabalho. Esta noção primária serve para a discussão que se segue.

Figura 6.1

Ao conectar os cabos do multímetro nos terminais de uma pilha, você deve observar no mostrador um valor que é a medida da tensão em uma dada escala. Esse valor é relativamente estável variando, quando muito, o último digito, de mais ou menos uma unidade. A questão para se discutir aqui é: como procedemos para determinar a incerteza nesta medida? Não se trata de ler uma escala. A resposta neste caso é: LEIA O MANUAL DO INSTRUMENTO!

O fabricante informa qual a incerteza que devemos associar à medida lida no visor para a faixa de tensões utilizada. Em geral ela é expressa como um percentual da medida realizada.

É muito importante entender que, não necessariamente, esta incerteza instrumental é a incerteza final de uma medida. Em uma situação dada, você pode observar que a tensão elétrica está variando no tempo de uma maneira irregular e inerente. Neste caso, é fácil perceber que a incerteza na medida será afetada por outros fatores que nada têm a ver com o instrumento. É sobre isso que vamos tratar na terceira aula deste módulo.

P.2 – Nesta experiência introduzimos um instrumento de medida de comprimento muito versátil e de uso muito difundido: o paquímetro (ver **Figura 6.1**). Ensinar o uso do paquímetro é muito útil para a formação técnica dos alunos. No apêndice A, fazemos uma apresentação sucinta do paquímetro.

P.3 – A balança está sendo usada nesta experiência para medir as massas de um conjunto de esferas. Uma balança mecânica graduada em 1/10g é um instrumento delicado e não muito acessível em termos de custo. Se não for possível contar com uma balança na escola, é sempre possível ao professor levar as esferas com as massas previamente determinadas. Assim a medida da massa da esfera deixa de ser um objetivo da experiência e passa a ser um dado complementar.

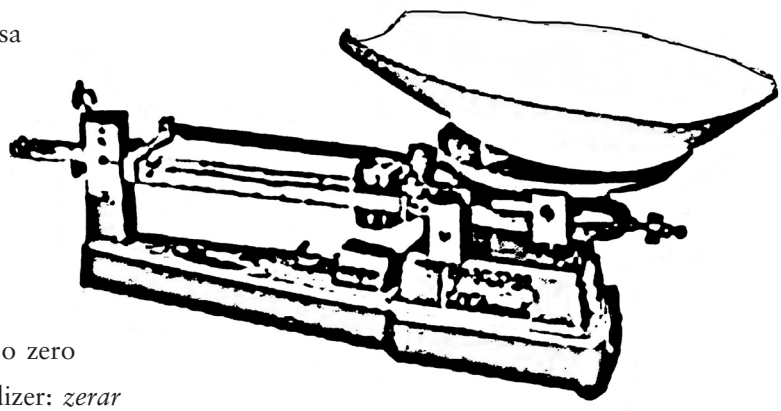


Figura 6.2: Balança mecânica de um prato.

Um dos aspectos interessantes associado ao emprego da balança é a de que podemos discutir a noção de *erro sistemático*. A balança é um desses instrumentos que, para ser usado, você deve "informá-la" qual é o zero da escala! No jargão técnico usamos dizer: *zerar* a balança. Todo fabricante informa como proceder para *zerar* a sua balança. Sem essa providência inicial, indispensável, em geral muito simples, qualquer medida feita em uma balança estará afetada para mais ou para menos. Não importa quantas vezes essa medida seja repetida: ela estará sempre afetada, da mesma quantidade, para mais ou para menos! Esse tipo de erro, que se repete da mesma maneira toda vez que usamos a balança, é denominado *erro sistemático*. Se, para as três esferas que vamos usar, não tomarmos o cuidado de *zerar* previamente a balança, as três medidas de massa serão afetadas da mesma maneira.

Com a balança, em sala de aula, você pode ilustrar esse problema de uma maneira muito clara. Faça uma medida de uma massa qualquer sem *zerar* a balança. Em seguida *zere* a balança e repita a medida. As diferenças serão evidentes!

A balança que estamos mostrando na **Figura 6.2** (não é necessariamente a que você vai usar no pólo) é inteiramente mecânica, não contendo componentes eletroeletrônicos. É um dos modelos mais simples e baratos, para atividades didáticas. Uma das vantagens é que todo o seu mecanismo é aparente. Você pode mostrar toda a seqüência de etapas para zerar e comentar o arranjo mecânico que dá sentido a essas etapas. Lembre-se: sempre que possível, em atividades didáticas, evite as "**CAIXAS-PRETAS**".

CAIXA-PRETA

Equipamento, ou instrumento, cujos detalhes de funcionamento não são claros ou abertos a observação direta.

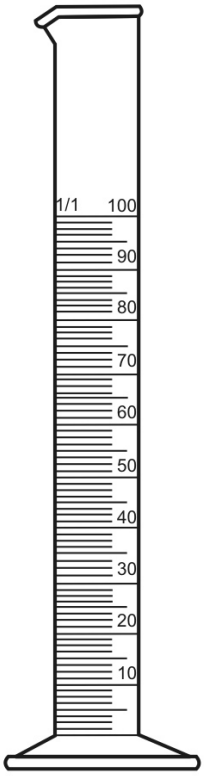


Figura 6.3: Proveta graduada.

P.4 – Para medir o volume das esferas vamos usar dois métodos: (a) uma medida indireta, feita por meio da fórmula,

$$V = 4/3.\pi.R^3 = 1/6.\ \pi.D^3 \qquad (1.6)$$

onde R é o raio da esfera e D = 2.R, o seu diâmetro. A medida de D é feita com auxílio do paquímetro;
(b) uma medida direta, em que o volume é determinado com auxílio de uma proveta graduada (**Figura 6.3**). Enchemos a proveta como uma certa quantidade de água, medimos o volume, mergulhamos a esfera, medimos o volume novamente e determinamos o volume da esfera como a diferença das duas medidas anteriores.

Exercício: Mostre que o erro limite na medida indireta de V (caso (a)), é dado por:

$$\frac{\Delta V}{V} = 3.\frac{\Delta D}{D} \qquad (2.6)$$

Utilize, para isso, a relação 4 da **Tabela 6.1** e a relação geral dada pela série de Taylor.

!

A razão entre a *incerteza e o valor mais provável* da medida é denominada *incerteza relativa*. Para diferenciar uma da outra, a incerteza simples, como temos usado até aqui, é denominada incerteza absoluta. A incerteza relativa é uma grandeza admensional. Freqüentemente multiplicamos a incerteza relativa por 100 para dar o resultado em *por cento* (%). A incerteza relativa é mais informativa sobre a precisão final de uma medida. Essa relação é na proporção inversa, pois assim dizemos: *uma medida com 1% é mais precisa do que uma medida com 10%, de incerteza relativa*.

P.5 – Para medir as densidades nesta experiência utilizamos a relação de definição:

$$\rho(\text{densidade}) = M\ (\text{massa}) / V(\text{volume}) \qquad (3.6)$$

Exercício: Da relação 5, da **Tabela 6.1**, mostre que,

$$\Delta\rho / \rho = \Delta V / V + \Delta M / M \qquad (4.6)$$

ATIVIDADES FINAIS

1. Leia o manual de operação do multímetro que será usado por você. Localize no manual a seção dedicada à *medida de tensão DC* e informe qual a resolução e a precisão, por faixas de valores de tensão.

2. Com auxílio de um multímetro digital, meça a tensão de uma pilha.

V = (_____ ± _____) _____

3. Com auxílio de um paquímetro meça o diâmetro (D) das três esferas de aço dadas e complete a seguinte tabela. Para verificar a regularidade das esferas de aço, meça o diâmetro em quatro posições diferentes.

Esfera I	Esfera II	Esfera II	Esfera III
	Diâmetro (cm)	Diâmetro (cm)	Diâmetro (cm)
1	_____ ± _____	_____ ± _____	_____ ± _____
2	_____ ± _____	_____ ± _____	_____ ± _____
3	_____ ± _____	_____ ± _____	_____ ± _____
4	_____ ± _____	_____ ± _____	_____ ± _____

4. A partir dos resultados obtidos no item anterior e das relações (1.6) e (2.6), determine o volume das esferas com suas respectivas incertezas.

Esfera I	Esfera II	Esfera II	Esfera III
volume (cm^3)	_____ ± _____	_____ ± _____	_____ ± _____

5. Com auxílio de uma proveta graduada meça o volume das mesmas esferas utilizadas nos itens anteriores.

	Volume da água (V_o)	Volume da água + esfera (V)	Volume da esfera (ΔV)$\Delta V = V - V_o$
Esfera I	_____ ± _____	_____ ± _____	_____ ± _____
Esfera II	_____ ± _____	_____ ± _____	_____ ± _____
Esfera III	_____ ± _____	_____ ± _____	_____ ± _____

Ao introduzir a esfera na proveta com água, certifique-se de que não haja bolhas de ar aderidas a sua superfície. Em que medida isso pode afetar a determinação do volume da esfera?

6. Inspecione com atenção a balança que será usada por você. Verifique qual o procedimento para *zerar* a balança. Informe o fabricante, modelo, sensibilidade, capacidade máxima e precisão.

7. Com auxílio da balança, meça a massa das esferas.

	Esfera I	Esfera II	Esfera III
Massa (g)	_____ ± _____	_____ ± _____	_____ ± _____

8. As esferas utilizadas por você são esferas de aço, empregadas normalmente na fabricação de rolamentos. Consulte uma *tabela de densidades* e informe a densidade do aço, com pelo menos três algarismos significativos. Indique qual a fonte utilizada por você para obter esta informação

$$\rho = _____ \text{ g/cm}^3$$

9. Determine as densidades das três esferas e compare os valores obtidos com a densidade do aço.

	Esfera I	Esfera II	Esfera III
densidade (g/cm³)	_____ ± _____	_____ ± _____	_____ ± _____
D (%)			

$$D(\%) = 1000 \times | \rho_{medido} - \rho_{tabelado} | / \rho_{tabelado}$$

10. Como propusemos na Aula 5, fazer uma previsão do tempo necessário para a realização de uma experiência é fundamental. Uma experiência que consuma muito tempo pode se tornar inviável para um único tempo de aula padrão de 50 minutos, mas pode se tornar viável se o professor dispõe de um turno de dois ou três tempos seguidos. Qual o tempo estimado, gasto por você, para executar as Atividades 1 à 8?

11. Procure avaliar os custos envolvidos nesta experiência. Organizamos abaixo uma tabela para a apresentação das suas informações. Observe a variedade de modelos que são oferecidas no comércio: os paquímetros podem ser encontrados em aço e em plástico, com diferentes escalas para o nônio. Provetas podem ser encontradas em vidro e em plástico com diferentes capacidades e com diferentes escalas.

Item	Preço (R$)	Fornecedor	Características do modelo
1. Paquímetro			
2. Proveta			
3. Esferas de aço			
4. Multímetro			

Além de responder por escrito, vá à plataforma CEDERJ, acesse o grupo de estudos desta disciplina, clique sobre o *link* Atividade 11, Aula 6 e responda às perguntas a seguir.
Além disso, comente o post de, pelo menos, dois colegas.

CONCLUSÃO

Como conclusão, procure refletir e debater com seus colegas as seguintes questões:

- As medidas experimentais do volume das esferas, pelos dois métodos propostos, são consistentes? E a medida da densidade do aço em comparação com o valor tabelado? Quais os critérios que devemos usar para responder a essa pergunta?

- Se as medidas não forem satisfatórias, quais as possíveis fontes de erro da experiência? O que fazer para evitá-las, ou minimizá-las?

- Faça uma relação de todos os conceitos e noções elementares que você considera que podem ser explorados nas atividades propostas.

- Para finalizar a sua conclusão, faça um planejamento esquemático para a apresentação das atividades em sala de aula. Procure considerar a seguinte questão: todas as atividades propostas, Atividade 1 à Atividade 8, devem ser apresentadas e discutidas com os alunos, em conjunto, em uma única aula? Justifique o seu planejamento.

NOTAS E COMENTÁRIOS

• Observe que ao usarmos a relação 1.6 estamos introduzindo uma hipótese: as esferas de aço são perfeitas. A fórmula vale para um sólido ideal e não para sólidos reais. Se examinamos a esfera em detalhe, usando um microscópio poderoso, vamos observar ranhuras, trincas e cavidades em suas superfícies que em nada se assemelha à esfera ideal. Vemos assim que, o uso da relação (1.6) envolve uma aproximação: em que sentido, repetir a medida do diâmetro com o paquímetro, segundo diferentes orientações, ajuda a justificar o uso da relação (1.6)? Veja que essas questões não são meros detalhes. Ao contrário, são oportunidades valiosas de discutir o método científico. É com experiências simples que conseguimos discutir, ou fundamentar, idéias complexas!

• É interessante discutir com seus futuros alunos, as diferenças entre os dois métodos aplicados para se determinar o volume das esferas. Como proceder se o sólido de interesse tiver uma forma muito irregular? Pense em uma pequena pedra!

• O relatório desta aula consiste na apresentação das respostas às questões de Atividade 1 à Atividade 11.

APÊNDICE A – O PAQUÍMETRO

Na **Figura 6.4**, vemos um paquímetro universal, fabricado em aço, de uso muito difundido. Trata-se de um dos instrumentos mais *versáteis* para medidas de dimensões lineares. Pode-se medir facilmente dimensões externas, internas e a profundidade de uma peça, com uma precisão superior ou igual a 0,1mm. É normalmente fabricado em aço e contém duas escalas justapostas, uma graduada em milímetros e outra em polegadas, calibradas na temperatura de 20º C.

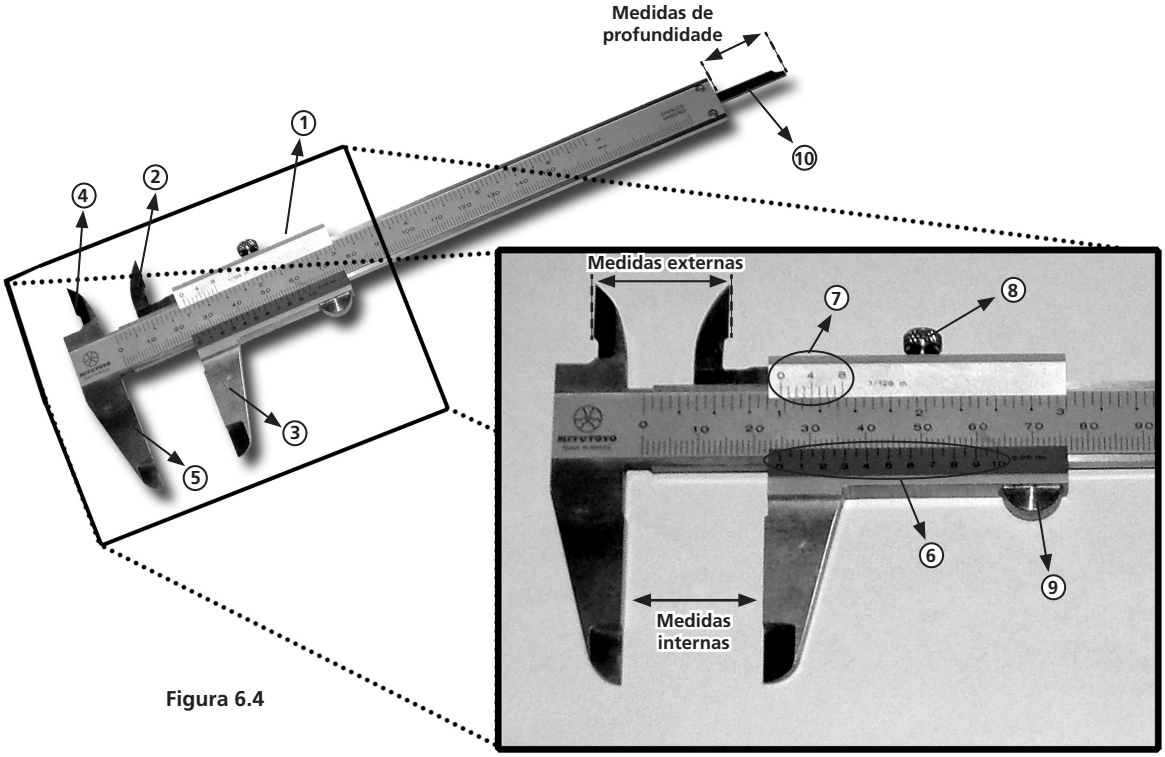


Figura 6.4

Podemos identificar na **Figura 6.4** alguns componentes importantes, sempre presentes no paquímetro:

– o cursor (1);

– orelha móvel (2) e o bico móvel (3);

– orelha fixa (4) e o bico fixo (5);

– nônio (ou vernier) para a escala milimetrada (6) e o nônio para a escala em polegadas (7);

– parafuso de trava (8) e o impulsor (9);

– haste de profundidade (10).

O cursor pode deslizar livremente pela régua. No cursor estão a orelha móvel, o bico móvel, a haste de profundidade e as escalas auxiliares. A escala auxiliar, denominada nônio ou vernier, permite expandir a leitura da escala principal. Na **Figura 6.5** podemos ver em detalhe como o nônio é construído. O nônio é construindo dividindo-se nove unidades da escala principal em dez partes iguais. Se uma divisão da escala principal corresponde a 1mm, então uma divisão do nônio corresponde a 9/10mm. A diferença entre elas é de 1/10mm.

Se movemos o cursor com o nônio, para a direita, de tal forma que a primeira divisão da escala principal coincida com a primeira divisão do nônio, teremos uma abertura de 1/10mm; se a segunda divisão da escala principal coincide com a segunda divisão do nônio, temos uma abertura de 2/10mm e, assim, sucessivamente.

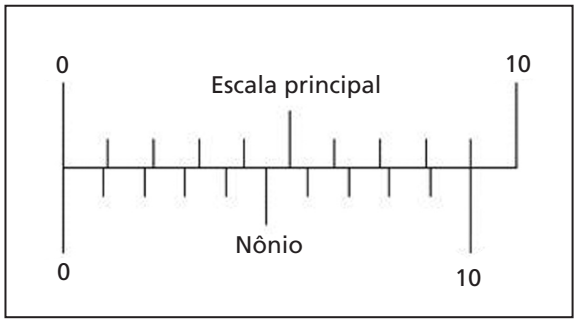


Figura 6.5

Você já deve ter entendido como utilizar o nônio para expandir a leitura da escala principal: vamos imaginar que movemos o cursor para a direita de maneira que o zero do nônio situe-se entre a vigésima quinta e a vigésima sexta divisão da escala principal. Isto significa que, a abertura ajustada corresponde a 25mm mais uma fração de milímetro. Esta fração de milímetro pode ser estimada observando-se na escala do nônio qual de suas dez divisões coincide de forma mais adequada com uma divisão qualquer da escala principal. Sempre haverá uma melhor!

Se, por exemplo, for a sexta divisão da escala do nônio que melhor se ajuste a uma divisão qualquer da escala principal, isso significa que devemos acrescentar 6/10mm ao valor lido na escala principal. Assim, a abertura corresponde a um comprimento de 25,6mm.

Como o nônio nos permite uma leitura de 0,1mm em 0,1mm, tomamos este valor como a margem de incerteza na leitura final, isto é, $(25{,}6 \pm 0{,}1)$mm.

O nônio da **Figura 6.5** é meramente ilustrativo. Podemos conseguir resoluções maiores se aumentarmos o número de divisões do nônio. Se por exemplo, tomamos 19mm da escala principal e dividimos em 20 partes iguais, uma divisão do nônio corresponde a 19/20mm. A diferença entre as divisões passa a ser de 1/20mm ou 0,05mm. Isso corresponde a metade da resolução do nônio da **Figura 6.5**. No caso geral, para saber a resolução conseguida com o nônio, basta dividir a menor divisão da escala principal pelo número de divisões do nônio: 1mm / 20 (divisões) = 1/20mm. Os paquímetros mais utilizados apresentam uma resolução de 0,05mm e 0,02mm.

A utilização do nônio não se restringe ao paquímetro, podendo ser encontrado em inúmeros instrumento de precisão.

Experimentos de baixo custo: tratamento e análise de dados em Física Experimental (III)

AULA 7

Meta da aula

Esta é a terceira e última aula do Módulo 3. Nesta aula você vai adquirir um pouco mais de prática na aplicação de experiências quantitativas de Física, em sala de aula, usando materiais simples.

objetivos

Durante esta aula você:

- aprenderá um exemplo de *laboratório didático tradicional* aplicado em sala de aula;
- aprenderá a montar atividades experimentais utilizando materiais simples e alguns instrumentos de medidas básicos, como o *cronômetro*;
- fará uma aplicação prática de introdução ao problema do *tratamento de erros acidentais* ao nível do Ensino Médio.

Pré-requisitos

Para a realização desta aula, você precisa ter concluído integralmente a primeira e a segunda aula do Módulo 3 (Aulas 5 e 6). Reveja com cuidado os pré-requisitos indicados na Aula 5. Faça uma revisão sobre Oscilações e Movimento Harmônico Simples (MHS), particularmente sobre a dinâmica do pêndulo simples, nas Aulas 1 e 2 do curso de Física 2B. Reveja também a apostila *Tópicos sobre tratamento de erros experimentais.*

INTRODUÇÃO

Nas duas primeiras aulas do Módulo 3 (Aulas 5 e 6), realizamos um conjunto de experiências com materiais muito simples e de baixo custo. Você viu como é possível introduzir conceitos importantes como o de *incerteza* ou *erro de uma medida*, *algarismos significativos, operação com algarismos significativos e a propagação das incertezas*, através de experimentos quantitativos. Esses experimentos foram idealizados para serem realizados em sala de aula, não requerendo a existência de um espaço especializado para esse fim.

Lembre-se de que neste Módulo 3, estamos explorando o problema do tratamento de dados experimentais, ao nível do Ensino Médio. Procuramos dar noções simplificadas ao invés de uma abordagem rigorosa, formal, que deve ser reservada para os cursos de nível mais avançado.

Na Aula 6, discutimos o problema da *propagação das incertezas* por meio do conceito de *erro limite.* Comentamos então, que o conceito, mais intuitivo, de *erro limite* melhor se adapta ao problema em que as incertezas de uma medida direta se restringem ao instrumento de medida. Esse é o caso, por exemplo, que encontramos quando queremos medir o diâmetro de um CD com auxílio de uma régua milimetrada: a forma circular e as bordas são tão regulares e bem definidas, que podemos medir o seu diâmetro até a metade da menor divisão, com uma incerteza de 0,5 mm. Esses 0,5 mm decorrem exclusivamente de uma limitação da escala do instrumento, isto é, a régua milimetrada, e não da grandeza que estamos medindo. Entretanto, como sabemos, este exemplo é um caso muito particular.

Imagine você se quiséssemos medir o comprimento de uma sala usando uma trena graduada em milímetros. Dificilmente poderíamos medir o comprimento de uma sala com uma precisão de 0,5 mm, não é mesmo? A razão é simples: se repetíssemos a medida do comprimento, estendendo a trena parede à parede, em diversas posições, encontraríamos variações de uma medida para outra, muito maiores do que 0,5 mm. O senso comum nos diz que essas variações são mesmo maiores do que 0,5 cm, isto é, dez vezes mais!

Com este exemplo simples, vemos que a incerteza final de uma medida, seja lá qual for, não é necessariamente determinada pelo instrumento. Outros fatores devem ser levados em consideração.

Como regra geral, em Física experimental, utilizamos instrumentos e métodos que sejam suficientemente sensíveis para flagrar variações na grandeza que se quer medir. Essas variações são intrínsecas ao ato de medir. Elas podem ser minimizadas, com a escolha de uma boa metodologia experimental mas não

podem ser eliminadas. Dizemos assim que todas as medidas são afetadas por erros, sobre os quais não temos um controle absoluto. São os chamados *erros acidentais* ou *estatísticos.*

Por outro lado, temos de ter bom senso na escolha do instrumento: se com uma régua milimetrada já detectamos variações, não tem sentido em se optar, por exemplo, por um paquímetro com uma precisão de 1/10 mm para se medir a mesma grandeza.

Como conseqüência da regra geral que apresentamos anteriormente, adotamos como critério metodológico básico em Física experimental a *repetição da medida*: toda medida deve ser repetida um número de vezes tão grande quanto possível. Quanto maior o número de medidas que realizamos, maiores são as chances de conhecermos as causas, ou as fontes destes erros. Como conseqüência, maiores são também as chances de tratarmos esses erros e nos aproximarmos do conhecimento do valor verdadeiro da grandeza. Essa situação é muito parecida com as pesquisa de opinião: quanto maior o número de pessoas pesquisadas sobre suas intenções de voto, maiores são as chances de prever a disputa de uma eleição. Não é à toa que os tratamentos de dados de pesquisas de opinião são equivalentes ao tratamento de dados experimentais em Física. Como você já teve a oportunidade de estudar, a Ciência que domina esta discussão é a Estatística, um ramo importante da Matemática.

Vamos aprender como instrumentalizar uma aula dedicada a explorar esta questão, por meio de uma experiência quantitativa simples. Como as experiências antecedentes, estudadas nas Aulas 5 e 6, esta experiência pode ser facilmente realizada na própria sala de aula por equipes de quatro ou cinco alunos. Vamos estudar o pêndulo simples.

EXPERIÊNCIA

Objetivos

Ao contrário dos erros *sistemáticos* que estudamos na Aula 6, os *erros acidentais* não incidem da mesma forma sobre uma medida: ora afetam para mais, ora afetam para menos, com intensidades variadas, o valor da medida em relação ao seu valor verdadeiro. Para mostrar o efeito da *dispersão das medidas*, vamos sugerir a medida do período de oscilação de um pêndulo simples, a ser realizada com auxílio de um cronômetro.

O objetivo da experiência é mostrar a *lei do isocronismo* do pêndulo. Como sabemos, a descoberta desta lei se deve a Galileu (1564-1642). Esta lei estabelece que o período de oscilação de um pêndulo independe da amplitude da oscilação.

Aprendemos no curso de Física 2 que o isocronismo é uma propriedade do movimento do pêndulo que se verifica nas situações em que as amplitudes não são muito grandes. Vimos então que no regime de pequenas amplitudes de oscilação o período é dado por

$$T = 2\pi.(l / g)^{1/2}$$

onde l é o comprimento do pêndulo e g é a aceleração da gravidade. Como vemos, a fórmula não inclui a amplitude. O quão pequena deve ser a amplitude para que esta lei se verifique? Isto depende do método experimental adotado.

Materiais necessários

- Cronômetro digital (0,01 s).
- Trena milimetrada (2 m).
- Linha de algodão nº 10, para pipa.
- Chumbada para pesca.

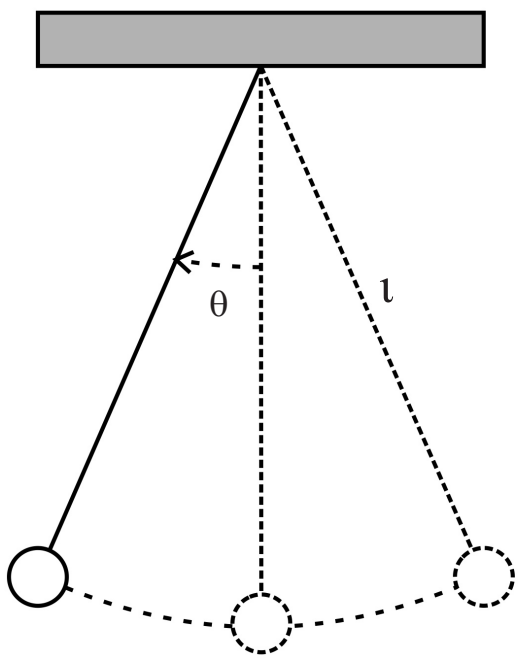


Figura 7.1

Observações preliminares

P.1 – Observe um detalhe importante: para a realização desta atividade não são necessários conhecimentos prévios de mecânica, sobre as leis do movimento, sobre as leis de Newton ou conteúdos similares. Queremos apenas verificar a lei do isocronismo, tal como descoberta por Galileu. Nosso enfoque é puramente experimental.

Em outras palavras, partindo da observação, fazemos a pergunta: "*o período do pêndulo depende da amplitude de oscilação*?" e estamos tratando de resolver o problema, experimentalmente. As medidas que vamos realizar é que vão responder a esta pergunta. Este aspecto do problema deve ficar bem claro desde o início dos trabalhos com a turma.

P.2 – Nesta experiência, vamos fazer uso de um *cronômetro digital*. Trata-se de um instrumento de uso muito freqüente em laboratórios de ensino de diversas especialidades. Com o advento da eletrônica digital, os cronômetros digitais substituíram os cronômetros mecânicos. Com isso ganhamos em precisão e em preço. Os atuais cronômetros digitais são muito mais baratos que seus equivalentes mecânicos. Embora seja esse item o mais caro da nossa lista de materiais, os cronômetros se popularizaram muito. É muito comum encontrarmos relógios e telefones celulares que possuem cronômetros integrados e que podem ser usados nesta atividade.

P.3 – Na **Figura 7.2.a**, mostramos uma montagem experimental meramente ilustrativa. Você pode adotar outras soluções. O pêndulo é fixado num palito de madeira usando livros de contra-peso (**Figura 7.2.b**). O comprimento do pêndulo é dado pela altura da mesa. Com a massa próxima ao chão, facilitamos a marcação da posição de largada.

Vamos largar o pêndulo de duas posições diferentes. Para cada posição teremos uma amplitude (θ) de oscilação diferente. Nosso objetivo é medir o período de oscilação do pêndulo para cada uma dessas amplitudes. Para que fique bem nítida a comparação dos dois resultados, é interessante que uma amplitude seja da ordem do dobro da outra (**Figura 7.2.c**). Não é necessário medir o ângulo θ, como indicado na **Figura 7.1**.

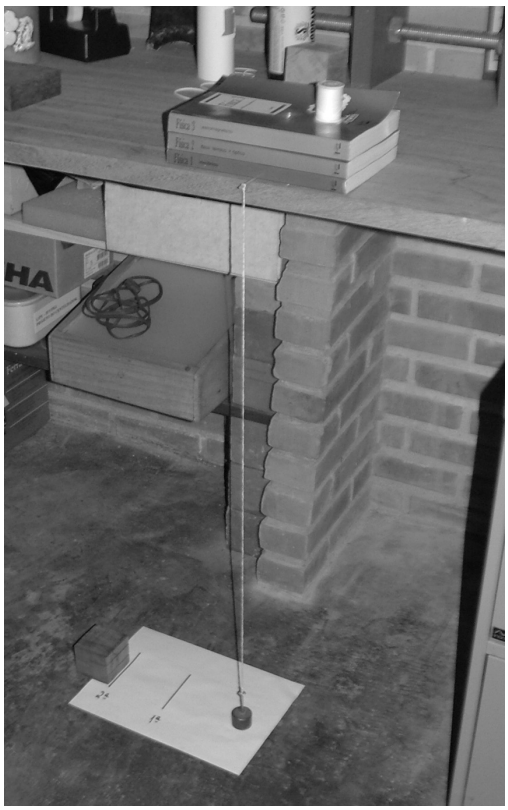


Figura 7.2.a

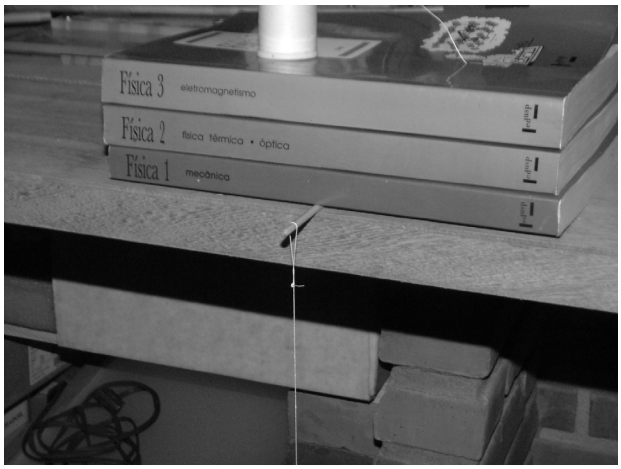


Figura 7.2.b

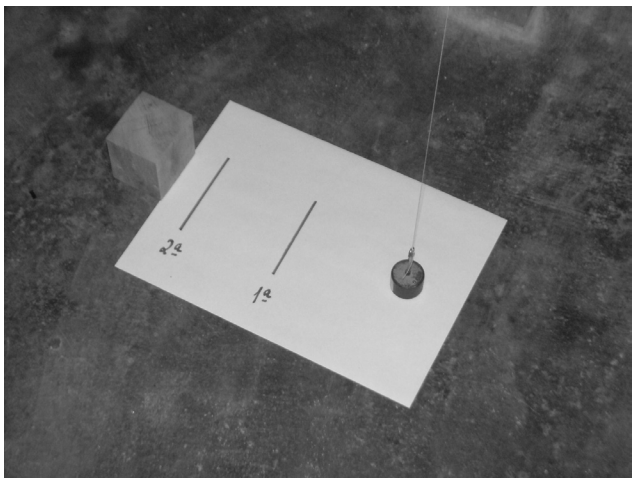


Figura 7.2.c

Como massa estamos utilizando uma peça de chumbo. O chumbo tem uma densidade muito alta (11,35 g/cm^3) e portanto conseguimos um corpo de massa expressiva ocupando um pequeno volume. A massa usada na **Figura 7.2.a** é de 500 g. A vantagem com isto é que conseguimos minimizar os efeitos do atrito com o ar, isto é, o pêndulo oscila por mais tempo antes de parar (você saberia explicar o porquê?). Você pode conseguir massas de chumbo numa loja de material de pesca (chumbada para varas de pescar).

P.4 – É provável que você já tenha cronometrado o período de oscilação de um pêndulo em atividades experimentais do seu curso de Física. Se não o fez, você terá uma oportunidade agora. O fato marcante que queremos explorar é que esta medida, repetida várias vezes, apresenta uma *dispersão* de valores. A principal causa dessa dispersão

está relacionada a limitações humanas em reagir a um estímulo visual. Temos uma tendência natural em nos adiantarmos ou nos atrasarmos no acionamento de um cronômetro, quando estimulados visualmente. Nestes casos, o experimentador, ou se preferir, o cronometrista, faz parte integrante do processo de medida, juntamente com o próprio cronômetro.

A questão prática que resulta desta experiência pode ser colocada assim: se temos N medidas do período, realizadas da mesma forma, que valor devemos adotar como o período de pêndulo?

Você aprendeu que, se as N medidas foram feitas pelo mesmo experimentador, com o mesmo instrumento e usando o mesmo procedimento, o valor mais provável do período é o *valor médio* (média aritmética) das N medidas (<T>). Como argumentar a favor desta hipótese com seus futuros alunos?

O objetivo, certamente, não é desenvolver uma argumentação formal, matematicamente completa, sobre o assunto. Isto fugiria completamente ao escopo de um curso de Física do Ensino Médio. Pretendemos tão-somente dar as primeiras noções, mas de uma forma consistente. Devemos apelar para a idéia do caráter acidental do erro envolvido.

Podemos dizer que a i-ésima medida do período (T_i) é igual ao valor verdadeiro da medida (T_v), que desconhecemos totalmente, acrescida de uma quantidade (e_i) que representa o erro cometido nesta medida, isto é:

$$T_i = T_v + e_i$$

onde e_i pode assumir valores positivos ou negativos. Se somamos todas as medidas T_i que fizemos, podemos escrever:

$$T_1 + T_2 + T_3 + ... + T_N = N.T_v + (e_1 + e_2 + e_3 + ... + e_N).$$

Se o erro que cometemos ao medirmos o período é de fato aleatório, podemos concluir que haverá uma tendência a que a soma destes erros (entre parênteses) seja muito pequena. Podemos mesmo dizer que, se o número de medidas crescer indefinidamente esta soma tenderá a zero! Em linguagem matemática podemos escrever,

$$\lim_{N \to \infty} (e_1 + e_2 + e_3 + ... + e_N) = 0$$

Essa é a *hipótese da acidentalidade* do erro que estamos tratando, descrita em uma linguagem matemática. Em outras palavras, esperamos que, se o número de medidas for grande, a probabilidade de que cometeremos um erro de + 0.02 s é igual à de que cometeremos um erro de – 0,02 s. Ao somarmos todas estas contribuições elas tendem a se cancelar mutuamente. Disto resulta que,

$$T_1 + T_2 + T_3 + ... + TN \rightarrow N.T_v$$

ou

$$<T> = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + ... + T_N}{N} \rightarrow Tv$$

isto é, o *valor médio* tende ao *valor verdadeiro*. Assim, não é difícil entender que mesmo para um conjunto finito de medidas, afetadas por erros aleatórios, o valor médio representa o valor mais provável da grandeza.

Um outro aspecto sobre o erro acidental diz respeito a sua intensidade. Se o período de um pêndulo é da ordem de 1,00 s, é pouco provável que você meça um valor muito diferente, como por exemplo 3,00 s (naturalmente que estamos desconsiderando medidas feitas de uma forma grosseira, desatenta). Isso ficará evidente no próprio desenrolar da experiência. Assim, se fazemos um conjunto de medidas do período os valores tendem a se concentrar em torno do valor médio, isto é, valores muito diferentes da média tendem a aparecer com freqüências progressivamente menores.

Para discutir essas idéias com seus alunos será extremamente proveitoso construir um *histograma de medidas*, não é mesmo? Se você ainda não trabalhou com histogramas, leia as instruções do Anexo A.

A teoria dos erros acidentais foi desenvolvida por uma série de eminentes estudiosos entre os quais devemos citar os nomes de Newton, Laplace, Legendre, Gauss, Chebishevisk e Markov, dentre outros. Esta teoria, além da idéia sobre o caráter acidental (aleatório), se baseia num conjunto de postulados cuja validade nem sempre é evidente. Sobre essa questão vale a pena citar um comentário anedótico atribuído ao eminente matemático francês Henry Poincaré (1854 –1912): *Os experimentadores consideram estes postulados como estritamente demonstrados pelos matemáticos, enquanto os matemáticos os consideram justificados experimentalmente.*

P.5 – Na primeira aula deste Módulo (Aula 5), mostramos que é muito importante fixar a idéia de que o registro correto de uma medida envolve três elementos: o valor mais provável da medida, a incerteza e a unidade. No caso presente, podemos concordar que o valor mais provável do período é dado pela média, mas o que dizer da incerteza? Ao apreciar esta questão com seus alunos, você terá uma boa oportunidade de introduzir a noção de *precisão* de uma medida.

Se pensamos em termos do *histograma de medidas* podemos dizer que, quanto mais largo ele for, maior a dispersão das medidas. De uma certa maneira, podemos dizer também que, quanto maior a dispersão das medidas maior será a incerteza.

Como podemos medir o grau de dispersão? Existem várias maneiras. Uma delas é através do cálculo do *desvio padrão* (σ). Calculamos o desvio (δ) de cada medida em relação ao valor médio,

$$\delta_i = <T> - T_i \quad , \quad i = 1,2,3...,N$$

e definimos o desvio padrão como,

$$\sigma = \{ [(\delta_1)^2 + (\delta_2)^2 + (\delta_3)^2 + ... + (\delta_N)^2] / N \}^{1/2}.$$

Veja que, quanto maior a dispersão, maior os desvios em relação à média. Na definição anterior, tomamos o quadrado dos desvios para que todas as contribuições se somem (lembre-se de que δ pode ser negativo). Fica evidente que, quanto maior a dispersão dos dados, maior o desvio padrão.

Por que usar uma quantidade como esta para medir o grau de dispersão? A razão, como você sabe, decorre de uma propriedade estatística muito interessante: podemos mostrar que, para um número grande de medidas, existe uma probabilidade de que 67% das medidas se situe no intervalo que vai de $<T> - \sigma$ à $<T> + \sigma$. Essa propriedade é tão mais verdadeira quanto maior o número de medidas. Naturalmente, essa propriedade deve ser apresentada aos estudantes sem demonstração! Podemos acrescentar, apenas, que esta propriedade é apoiada por grande quantidade de resultados experimentais.

O grau da dispersão das medidas determina o que chamamos *precisão*: dizemos que, quanto menos dispersa for a medida, mais precisa ela é. Como conseqüência, o desvio padrão é um bom indicador da precisão: quanto maior o desvio padrão menor a precisão, e vice-versa.

Portanto, podemos adotar o desvio padrão como a incerteza no resultado final, dado pelo valor médio,

$$T = \langle T \rangle \pm \sigma \qquad (1)$$

Veja que, neste caso, a incerteza tem uma interpretação de caráter estatístico. Esse é o preço que se paga por se trabalhar com coisas aleatórias!

!

Lembre-se de que a relação (1) não é a única forma de apresentarmos o resultado final de um conjunto de medidas. O desvio padrão não representa a melhor estimativa da incerteza sobre o *valor médio*. A melhor estimativa é dada pelo desvio padrão da média (σ_N). O desvio padrão da média pode ser estimado através da relação $\sigma_N = \sigma / N^{1/2}$ e, portanto, é tão menor quanto maior for o número de medidas (N). Entretanto, discutir o *desvio padrão da média* num curso introdutório para o Ensino Médio pode ser excessivo, não é mesmo? Assim, adotar o desvio padrão significa adotar um critério mais simplificado, de compreensão mais fácil. Maiores detalhes sobre esta questão podem ser encontrados na apostila *Tópicos sobre Tratamento de Erros Experimentais* ou também no livro *Fundamentos da Teoria de Erros* de José Henrique Vuolo.

P.6 – Nenhuma das considerações precedentes sobre erros acidentais tem validade se as medidas não forem feitas com cuidado. Isto deve ser esclarecido para os seus futuros alunos com muita ênfase. Não se deve confundir erro acidental com falta de atenção, distração ou negligência. Trabalhando sem cuidado não é possível se observar nenhuma regularidade nos fenômenos naturais!

P.7 – Para diminuir a dispersão das medidas, existe um recurso simples que dá bons resultados: em vez de medir um único período procure medir o intervalo de tempo de cinco (por exemplo) oscilações sucessivas. O período será este tempo dividido por cinco.

Bem, a razão é simples: ao contar um número maior de períodos, o intervalo de tempo cronometrado é maior. Entretanto, o erro presente nesta medida é da mesma ordem que o erro cometido ao se cronometrar apenas um período. Assim, ao dividir o tempo cronometrado pelo número de períodos contados dividimos também o erro.

Usando esta idéia, podemos obter uma boa estimativa do período do pêndulo cronometrando um número expressivo de oscilações sucessivas (algo como 50 oscilações completas). Essa medida, de maior precisão, pode ser usada como uma estimativa alternativa para o período do pêndulo, e comparada com os valores médios obtidos a partir das medidas dispersas.

ATIVIDADES

1. Leia atentamente o manual de operação do cronômetro que será usado por você. Informe o fabricante, o modelo e as características técnicas. Faça um levantamento sobre fornecedores de cronômetros (pelo menos dois): informe o fabricante, o modelo e o preço dos cronômetros oferecidos. Dê preferência ao comércio de sua cidade.

2. Com auxílio do cronômetro, meça o período do pêndulo para duas amplitudes de oscilação diferentes. Repita a medida 100 vezes para cada amplitude. Com auxílio da trena, meça o comprimento do pêndulo. Organize os seus dados em tabelas (veja o modelo sugerido no Anexo B).

3. Solte o pêndulo de uma amplitude pequena e cronometre o tempo de 50 oscilações consecutivas. O período será o valor encontrado por você dividido por 50. Informe o valor encontrado (anote o resultado na tabela do Anexo B).

4. Construa o histograma de medidas para cada uma das amplitudes. Calcule o valor médio do período ($< T >$) e seus respectivos desvios padrão (σ), para cada uma das amplitudes.

5. Determine o número de medidas (N_σ) encontradas no intervalo entre $< T > - \sigma$ e $< T > + \sigma$. Compare o valor encontrado por você com o valor esperado de 67%, para o caso em que o número de medidas tende a infinito.

$$N_\sigma = _____$$

6. Com os resultados obtidos para a Atividade 4 você diria que a lei do isocronismo do pêndulo se verifica, isto é, você concorda com Galileu?

7. Compare os valores médios do período, obtidos na Atividade 4, com a medida do período obtida na Atividade 3. Releia a nota complementar P.7 e comente os seus resultados.

8. Qual o tempo gasto por você para completar as medidas realizadas das Atividades 2 e 3?

9. Faça um plano de aula comentado sobre a experiência proposta. Procure incluir neste item alguns comentários sobre as seguintes questões:

- compare os seus resultados com aqueles obtidos por seus colegas.
- você considera todo o conteúdo apresentado nesta experiência acessível aos alunos de Ensino Médio?
- qual o nível de dificuldade que você atribui para a realização das atividades propostas?
- quais as conexões relevantes que você observa nesta Aula 7 com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio?

NOTAS E COMENTÁRIOS

• Realizar as 100 medidas solicitadas na Atividade 2 pode ser um pouco cansativo. Um dos problemas que pode surgir é que o cronometrista, parte integrante da medida, tenha uma performance descendente com o passar do tempo, isto é, seu reflexo vai degradando com o desenrolar da tarefa. Neste caso, as medidas não serão feitas nas mesmas condições, não é mesmo? Esta meta, portanto, deve ser avaliada pelo professor em função da turma e do horário da aula. Em cursos noturnos e em aulas no final de período, os alunos costumam estar cansados. Se for necessário proponha um número de medidas menor. Mas lembre-se de que isto tem um preço: as medidas serão menos representativas das flutuações estatísticas que queremos flagrar.

• Para facilitar a medida do período do pêndulo é muito útil estabelecer marcas no chão. Veja a **Figura 7.2.b** novamente. Ali mostramos duas marcas de largada feitas sobre papel, uma para cada amplitude. Estas marcas podem ser feitas de maneira simples com pedaços de fita crepe. Você deve constatar que, com estas marcas simples, definimos melhor os pontos extremos da oscilação e, por conseguinte, os momentos em que devemos acionar o cronômetro. Trata-se de facilitar a percepção visual, dando mais conforto ao cronometrista.

CONCLUSÃO

Com esta aula, finalizamos um ciclo de propostas de instrumentalização dedicadas a explorar o problema do tratamento de dados experimentais para o Ensino Médio. O conjunto de propostas discutidas neste Módulo 3 deve ser tratado como um todo, com vistas a um planejamento global para a apresentação deste tema.

A questão do *tratamento de dados experimentais* (TDE) é fundamental para uma adequada discussão de experiências quantitativas. Infelizmente, como dissemos na Aula 5, constatamos que o TDE é completamente negligenciado na maioria dos cursos de Física da rede de ensino em nosso país. Por outro lado, constatamos também que não existe nenhuma restrição de caráter pedagógico para que o tema não seja abordado.

Como você pôde concluir, as experiências, as idéias e conceitos que exploramos neste módulo são perfeitamente acessíveis aos nossos alunos. Não estamos procurando estruturar um curso completo sobre TDE, mas sim dar as primeiras noções que permitam uma articulação adequada entre teoria e a prática.

Tente refletir sobre o conjunto completo de atividades desenvolvidas no Módulo 3. Este conjunto forma uma unidade de ensino que tem uma proposta inaugural: com o tema deste módulo iniciamos o ensino de Física na primeira série do Ensino Médio. O conjunto de conceitos e idéias abordados no Módulo 3 é maior do que o explorado em livros-textos de boa qualidade como, por exemplo, o *Física Básica* (Capítulo 1 do Volume 1) dos professores Beatriz Alvarenga e Antônio Máximo. Essa proposta, portanto, vai além. Seguramente, vai exigir para a sua aplicação que o professor prepare um texto complementar ao livro-texto adotado – possivelmente uma pequena apostila com notas explicativas e alguns comentários históricos, particularmente aqueles referentes ao nascimento do método científico e ao nascimento da Física moderna.

Por outro lado, mostrar a Física como uma ciência fundamentalmente experimental, que se expressa através da linguagem matemática e que faz uso intensivo de medidas, é lançar uma base muito sólida para todo o trabalho que se segue. É sem dúvida um esforço e um desafio pedagógico muito grande para um início de curso mas cujas conseqüências sem dúvida serão muito positivas.

ANEXO A – HISTOGRAMA DAS MEDIDAS

Se numa experiência para medir uma grandeza x obtemos uma quantidade grande de medidas, fica muito difícil avaliar a dispersão das medidas por uma simples inspeção da tabela. Neste caso, a representação gráfica dos resultados obtidos é muito útil e informativa. Uma das melhores representações gráficas é o histograma. Na **Figura 7.3** mostramos um histograma de medidas do período de um pêndulo.

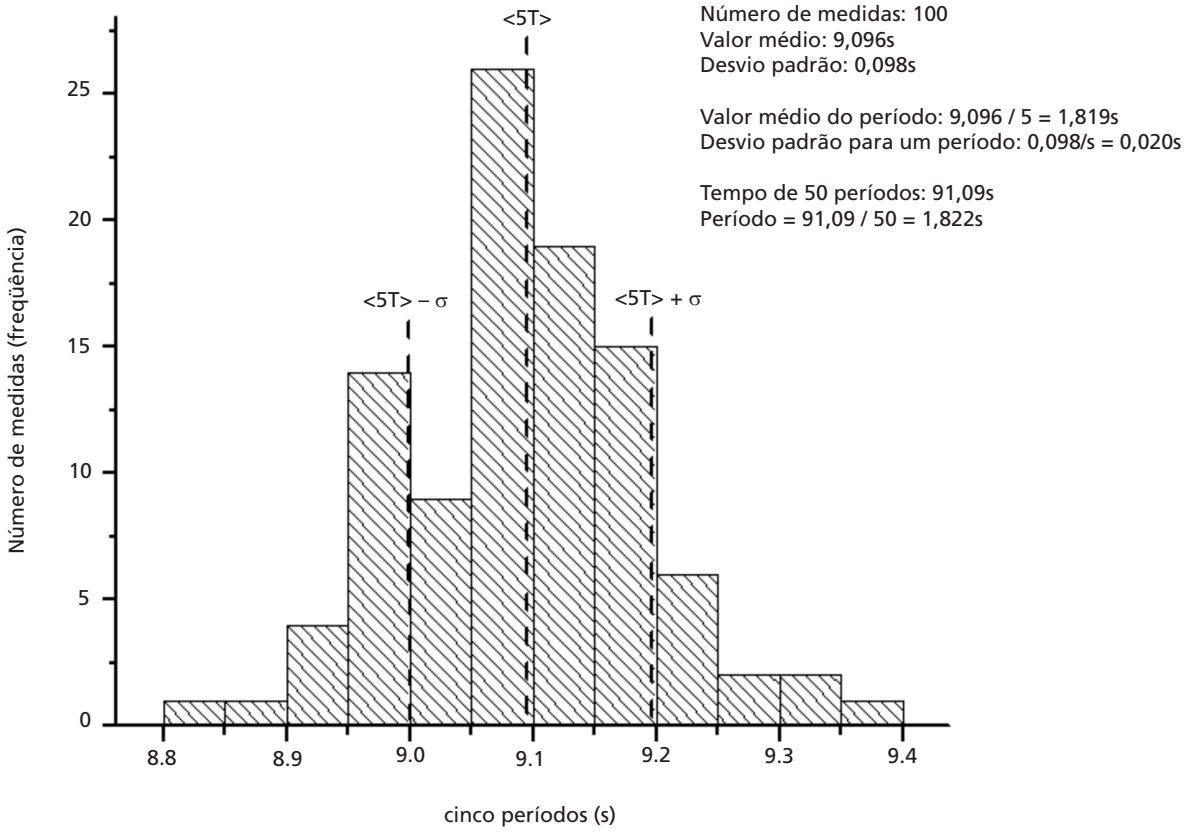


Figura 7.3: Histograma das medidas do período de um pêndulo simples.

Para construir o histograma dividimos a faixa de variação da grandeza em intervalos iguais. Estes intervalos são denominados *classes* e são representados no eixo das abscissas. Para cada classe, contamos o número de medidas (freqüência de medidas) que se encontram naquela classe. Esse número é representado no eixo das ordenadas e corresponde à altura da classe. Isto dá ao histograma a sua forma em degraus, tão peculiar.

Pode acontecer de certos valores estarem exatamente sobre uma das bordas de uma classe. Como incluir esta medida? Para superar esta dificuldade, definimos os intervalos como fechados à esquerda e abertos à direita ou vice-versa. Por exemplo, definimos uma classe como sendo o intervalo 0,70 s $< x \leq$ 0,80 s ou 0,70 s $\leq x <$ 0,80.

Para a escolha do número de classes temos de usar um pouco de bom senso. Se escolhemos, por exemplo, apenas duas classes, o histograma será muito pouco informativo, não é mesmo? Por sua vez, se usamos um número muito grande de classes, as medidas serão pulverizadas de tal forma a não revelar nenhuma estrutura significativa.

As medidas usadas para a construção do histograma da **Figura 7.3** são reais e servem para uma análise mais detalhada. Foram feitas 100 medidas de cinco períodos. O histograma revela uma certa simetria em relação ao valor médio <T>. Na medida em que os valores se afastam da média, a freqüência diminui. O menor valor encontrado foi de 8,85 s e o maior foi de 9,37 s. Para a construção do histograma foram escolhidos 12 intervalos de 0,05 s entre o valor 8,80 s e 9,40 s.

No gráfico, estão indicados os parâmetros relevantes. No intervalo situado entre $\langle T \rangle + \sigma$ e $\langle T \rangle - \sigma$ são encontradas 62% das medidas. Um valor muito próximo do valor previsto teoricamente que é de 67%.

Nesta experiência foi medido o intervalo de tempo de 50 oscilações sucessivas (91,09 s). O valor encontrado foi dividido por 50 para se obter uma boa estimativa para o período de uma oscilação (1,822 s). Observe o quanto este valor é próximo do *valor médio* obtido, que é 1,819 s. Esses resultados estão bem de acordo com as previsões da Teoria dos Erros Acidentais e servem para mostrar o que se pode alcançar nesta experiência.

Se o número de medidas cresce indefinidamente, podemos aumentar o número de classes adotando intervalos de medidas cada vez menores. Com isto devemos esperar que o histograma em degraus tenda para uma curva suave e contínua. As experiências mostram que esta curva tem uma forma simétrica em relação ao seu valor máximo. Como você já aprendeu, a função que descreve esta curva limite é denominada *função Gaussiana* ou *função de distribuição normal*.

No limite em que o número de medidas tende ao infinito, o valor de x que corresponde ao valor máximo do histograma é o *valor verdadeiro* da grandeza e coincide com o *valor médio* da medida.

É muito importante lembrar que nem toda dispersão de medidas é regida por uma função de distribuição normal ou Gaussiana. Para maiores detalhes, você pode consultar os *Fundamentos da Teoria de Erros* de José Henrique Vuolo.

Vários programas comerciais, muito difundidos em nosso país, permitem a construção automática dos histogramas. Um exemplo bem conhecido é o Excel da Microsoft. Além do histograma, estes programas permitem o cálculo automático dos parâmetros de interesse, o valor médio e desvio padrão.

ANEXO B – TABELA DE DADOS

L (comprimento do pêndulo) = (_____ ± _____) _____

Amplitude 1				Amplitude 2			
Nº	5.T (s)	No	5.T(s)	Nº	5.T (s)	Nº	5.T (s)
1		51		1			
2		52		2			
3		53		3			
4		54		4			
5		55		5			
6		56		6			
7		57		7			
8		58		8			
9		59		9			
10		60		10			
11		61		11			
12		62		12			
13		63		13			
14		64		14			
15		65		15			
16		66		16			
17		67		17			
18		68		18			
19		69		19			
20		70		20			
21		71		21			
22		72		22			
23		73		23			
24		74		24			
25		75		25			
26		76		26			
27		77		27			
28		78		29			
29		79		30			
30		80		31			
31		81		32			
32		82		33			
33		83		34			
34		84		35			
35		85		36			
36		86		37			

37		87		38			
38		88		39			
39		89		40			
40		90		41			
41		91		42			
42		92		43			
43		93		44			
44		94		45			
45		95		46			
46		96		47			
47		97		48			
48		98		49			
49		99		50			
50		100					
Valor Médio:				Valor Médio:			
Desvio Padrão:				Desvio Padrão:			

$50T = _____ \quad \rightarrow \quad T = _____$

O livro didático no ensino de Física

AULA 8

Meta da aula

Este módulo será desenvolvido em uma aula. Com este módulo, você deverá adquirir uma visão geral do papel do livro didático.

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- reconhecer os livros selecionados pelo Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLDEM/MEC);
- exemplificar enfoques curriculares;
- analisar textos didáticos na perspectiva dos objetivos do ensino proposto;
- saber escolher o material apresentado de forma criteriosa para implementação do Projeto Pedagógico escolar atendendo à solicitação dos Parâmetros Currículos oficiais (Reorientação Curricular da SEEC/RJ (2006) e dos PCN+ (MEC/SEMTEC) (Brasil, 2002-2006);
- estar capacitado a avaliar livros didáticos de Física.

Pré-requisitos

Para que você possa acompanhar melhor este módulo, deverá ter completado as disciplinas básicas de Física que integram o currículo do seu curso no CEDERJ, conhecer os conteúdos específicos de Física do Ensino Médio, como também estar familiarizado com o sistema escolar em que será utilizado o livro-texto.

OBSERVAÇÕES GERAIS

Pedimos que você tenha paciência e que desenvolva todas as atividades solicitadas, pois elas serão necessárias para o bom desenvolvimento deste módulo. Dado o caráter aplicado do assunto tratado, e já que a gente não aprende a nadar por correspondência, é preciso bastante leitura e alguma pesquisa bibliográfica. O tempo oficial destinado ao módulo deverá ser utilizado para a leitura e familiarização com os livros didáticos. Com certeza, você terá de recorrer à biblioteca do pólo e/ou procurar na página do IPEF I, na plataforma, o material bibliográfico que não estiver disponível no pólo. Caso você não encontre o material necessário, entre imediatamente em contato com a coordenação do curso e solicite ajuda.

ATIVIDADE

1. Responda às perguntas antes de começar a leitura deste módulo. Como provavelmente alguns de vocês ensinam Física, já conhecem alguns livros-texto escolares. Mesmo assim, pedimos para vocês refletirem sobre aqueles assuntos que ainda não estudaram formalmente mas sobre os quais já têm idéias e opiniões formadas. Caso você já esteja cursando as disciplinas de estágio e prática de ensino de Física, com certeza poderá argumentar sobre os diversos aspectos que teve ocasião de observar em sala de aula. Seja crítico e tente sempre justificar suas idéias.

a. Quais os materiais didáticos que você considera indispensáveis para o ensino de Física no Ensino Básico? Coloque em ordem de prioridade os seguintes materiais didáticos. Escolha 1 para aquele que você considere o mais importante e 6 para o menos importante:

Livros-texto ____ Computador ___ Internet ___ Material audiovisual ___
Material para atividades experimentais ___ Livros paradidáticos ____

b. Mencione três critérios que você priorizaria para escolher um livro-texto.

c. Para você, qual seria a função do livro-texto em sala de aula?

d. Mencione dois títulos de textos didáticos para o ensino de Física que você conhece e comente sumariamente os aspectos que o levariam a utilizá-lo em sala de aula.

MATERIAL DIDÁTICO

Material didático é definido como todo e qualquer recurso de apoio às interações pedagógicas no contexto da relação educativa. Inclui-se nesse contexto mais amplo, de recursos impressos, o suporte tecnológico do computador e os acessórios de multimídia e até um simples aquário de laboratório ou uma exposição museológica, quando integrada num plano de aula. Assim, a definição de material didático está relacionada a *todo e qualquer recurso que apóia a atividade pedagógica e contribui para a aprendizagem*.

É bom lembrar que, qualquer que seja sua natureza, o material didático não tem significado por si próprio. Sua funcionalidade depende da contextualização prévia feita pelo professor, que determina: *como, quando, quanto e para quem* esse material será utilizado, assim como os objetivos a serem atingidos para que o aluno possa construir um aprendizado significativo, intermediado pelo material didático e com o suporte do professor.

!

O material didático não tem significado por si próprio. Depende da contextualização feita pelo professor e de sua adequação aos alunos aos quais se destina.

Os materiais didáticos podem ser classificados em três grandes classes:

I. *Impresso*: a) produzido pelo professor ou pela coordenação e comumente denominados apostila; b) livros-texto e livro do professor; c) manuais de atividades experimentais, livros paradidáticos; d) material publicado em jornais e revistas; e) enciclopédias, atlas e dicionários.

II. *Tecnológico*: a) equipamentos para a realização de atividades práticas e experimentos; b) vídeos e DVDs;

III. *Informática*: hipermídia e *software*; textos, revistas, enciclopédias, livros, atividades interativas, animações e outros materiais apresentados no formato eletrônico, sendo suas características didáticas muito diferenciadas do material impresso, especialmente para o Ensino Básico.

Não há dúvida quanto à importância do uso dessa diversidade de materiais. O professor deve conhecê-los para poder utilizar modernas estratégias e métodos de ensino adequados ao seu estudante. Neste módulo, entretanto, trataremos exclusivamente do livro didático impresso, dando preferência àqueles publicados no Brasil. Será especialmente discutido o subconjunto desses textos de Física para o Ensino Médio, avaliados e aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLDEM/MEC, 1993) em 2006.

Mencionaremos também alguns dos Projetos de Ensino de Física, desenvolvidos a partir da metade do século passado, porque contribuíram de forma decisiva à modernização do ensino de Física e influenciaram tanto os livros-texto atuais quanto a metodologia do ensino de Física. Esses projetos desenvolvidos, tanto no exterior como no Brasil, caracterizam-se pela apresentação de materiais didáticos em diversas mídias e foram guiados por enfoques metodológicos e estratégias psicodidáticas específicas.

> São componentes de um Projeto de Ensino: o livro do aluno, o livro do professor e leituras complementares, roteiros de experiências, *kits* experimentais, filmes/vídeos, *software*, testes, problemas e exercícios.

O LIVRO DIDÁTICO E A EDUCAÇÃO

Foi a partir do início do século passado que a escola média brasileira solicitou a publicação de livros didáticos de Física em língua portuguesa. Esses livros, inicialmente escritos em forma de compêndio, eram bem diferentes dos livros didáticos publicados hoje. Os conteúdos descreviam os fenômenos de forma seqüencial. Começando pela Cinemática e pela Dinâmica, passando pela Física Térmica e pela Óptica etc. e fechando com o estudo do Eletromagnetismo. Esses tópicos apresentavam sempre uma estrutura linear, em que cada tema constituía-se em pré-requisito para o próximo assunto. Vale comentar que, em que pese as grandes mudanças advindas ao longo dos tempos, a seqüência de conteúdos permanece quase intocada até nossos dias.

Nos compêndios, os princípios e leis eram descritos pelas experiências originais, ilustrados com esquemas e desenhos. Era dada ênfase especial à descrição de instrumentos de medida, uso e modo de operá-los e também compunham este tópico o estudo de medidas, erros e limitações dos instrumentos. Poucos livros apresentavam aplicações da Física sob forma de exemplos, exercícios, problemas ou propostas de atividades, cuja preparação era de competência do professor. Tampouco eram incluídas informações sobre o desenvolvimento histórico dos conceitos; as dificuldades conceituais dos alunos; os aspectos relacionando ciência e sociedade, ciência e tecnologia, ciência e arte, como hoje vemos nos livros modernos. Vale lembrar que esses livros eram destinados ao Ensino Médio, etapa que poucos alunos alcançavam na época, constituindo-se assim em um ensino propedêutico. É também interessante observar que, quando aparecia um assunto de interesse profissional, os compêndios eram atualizados "para garantir a contemporaneidade dos conceitos estudados" (LORENZ, 1986).

O livro didático evoluiu ao longo do tempo em resposta às demandas sociais e às exigências determinadas pelas políticas educacionais. Originalmente escrito como complemento aos grandes livros clássicos, apresentava os conhecimentos originais como conteúdos redigidos de forma didática (*transdução didática*), atendendo ao nível de compreensão do leitor (estudante). Hoje, o livro didático tem funções diferenciadas e, além de transferir os conteúdos específicos à linguagem escrita, é também um instrumento pedagógico que possibilita o processo de educação geral e contribui para a formação acadêmica, cultural, social e política do indivíduo.

Você já deve ter ouvido críticas severas aos conteúdos de Física do Ensino Médio, que continua tratando da Física de trezentos anos atrás. O conhecimento de tópicos da Física moderna, como a estrutura da matéria, a Teoria da Relatividade, propriedades atômicas e nucleares, raios X e gama e o espectro eletromagnético etc., que já não são modernos (têm mais de cem anos!), dificilmente são tratados em sala de aula. A principal alegação é a falta de tempo. Os livros atuais tratam desses assuntos e até de tópicos avançados, mas de forma extremamente sintética e a título meramente informativo.

Um outro aspecto a considerar é a importante função formadora dos livros-texto para os professores em geral. Em certas regiões do país há

ainda professores de Física com formação incompleta e que desconhecem a metodologia didática e os processos de ensino modernos. Para estes professores, os livros atuais são fonte de informação importante, mesmo que eles já tenham acesso a materiais audiovisuais, à internet e ao computador. Isso porque a estrutura linear de um bom livro-texto fornece a estrutura de que o professor precisa como fio condutor para seu trabalho de sala de aula. Veja que esse aspecto interessa a você, que, como futuro professor, terá de enfrentar a realidade de uma sala de aula e precisará de suporte para definir os caminhos a seguir.

Gostaríamos que você reconhecesse que o material bibliográfico é absolutamente necessário para o planejamento das suas aulas, para a escolha de material didático e para a leitura dos alunos que podem estudar em casa para obter domínio dos conteúdos. Sem o uso de um bom livro didático a aprendizagem se torna difícil e insegura. Lembre que o aluno que não utiliza livro-texto estuda a "cópia" da matéria que o professor escreveu no quadro, que assim transcrita tem pouca fidedignidade. E lembre-se também de que as estatísticas publicadas sobre as provas nacionais (SAEB, ENEM, Prova Brasil) apontam para a piora do desempenho dos nossos estudantes, sendo que os resultados dos alunos da 3ª série do Ensino Médio são os que mostram a maior queda. Assim, o registro da matéria que o aluno faz no caderno não pode, de forma alguma, substituir o livro-texto! Por essas razões, as bibliotecas escolares têm um valor incalculável, devendo ser permanentemente atualizadas para atender às necessidades dos usuários, tanto alunos quanto professores. Em virtude disso, é importante para todo educador que o material didático ganhe em qualidade, tanto em forma quanto em conteúdo. Essa exigência faz com que as editoras especializadas do setor empenhem seus esforços em desenvolver projetos visuais arrojados, em aprimorar os conceitos, em adicionar acessórios aos produtos oferecidos, de modo a possibilitar maior integração dos aspectos gráfico e editorial, o que acaba também por se tornar fator de motivação para professores e alunos. Hoje, as imagens ganham em qualidade e a diagramação é cuidadosamente pensada para facilitar a leitura. Mas lembre-se sempre de que temos de separar aspectos puramente estéticos e visuais daqueles que justificam a escolha intelectual do livro-texto!

!

O registro da matéria que o aluno faz no caderno não pode, de forma alguma, substituir um bom livro-texto!

Sabemos que a melhoria do ensino envolve interesses econômicos, políticos e estratégicos. Em educação, não basta apenas ter um bom livro, é preciso que professor e aluno tenham, entre outras exigências fundamentais, condições de preparo, formação e um lugar adequado (escola) para utilizá-lo.

> Os livros didáticos têm papel fundamental no processo de ensino/aprendizagem. Oferecem um corpo de conhecimentos que, por sua seleção e organização, refletem um determinado padrão de profundidade e extensão. A adoção de um livro didático é um indicador do nível de ensino padrão da escola (PINHO, 2000).

ATIVIDADES

2.

a. Qual é, para você, o objetivo mais importante deste módulo?

b. Que tipo de recursos o aluno usa quando o professor não solicita um livro-texto?

c. Escreva um comentário de até dez linhas sobre a seguinte afirmativa: *O material didático não tem significado por si próprio. Depende da contextualização feita pelo professor, de sua adequação para os alunos e do tipo de curso ao qual é destinado*.

d. Em que se diferenciavam os livros didáticos do início do século passado dos atuais?

e. Qual era o papel do livro didático no início do século passado?

f. Dentre as críticas aos atuais currículos de Física, ouve-se freqüentemente que a Física moderna não faz parte dos programas escolares. Qual seria, segundo você, a razão dessa omissão? Tempo_____Falta de preparação do professor____Ausência da discussão desses temas nos livros didáticos____

Outros _____

_____

Justifique suas escolhas.

g. Procure em alguns dos livros-texto da bibliografia aprovada pelo MEC (p.15 deste módulo) quais são os tópicos de Física moderna apresentados e com que freqüência aparecem (indique as referências).

O LIVRO DIDÁTICO E SUA IMPORTÂNCIA

Pode-se argumentar a favor ou contra, mas é difícil não concordar com a seguinte afirmativa de Moreira e Axt (1986), enunciada vinte anos atrás, mas válida até hoje: "Dentre os materiais didáticos dos quais os professores dispõem, o livro-texto é aquele que pode ainda ser considerado o mais importante até o momento."

O livro didático é geralmente utilizado pelos professores para programar suas aulas, e hoje a maioria dos textos tenta adequar-se às orientações curriculares oficialmente determinadas pelas Secretarias Estaduais de Educação e pelo Ministério da Educação. Assim, é razoável que sua escolha seja um dos indicadores mais utilizados para saber como se processa o ensino na escola.

Na ausência de um livro-texto, seja este selecionado pelo professor, pela coordenação ou pela direção da escola, o estudo dos alunos fica reduzido a copiar as anotações que o professor coloca no quadro. E temos de concordar que esse tipo de material de estudo é de qualidade duvidosa e que dificilmente será fidedigno. Esta situação, muito freqüentemente encontrada na escola, dificulta a aprendizagem de Física, podendo se afirmar que é uma das principais causas da ineficiência do ensino/aprendizado de Física no Brasil.

Na realidade escolar atual, como recurso didático, um bom livro-texto adquire importância cada vez maior no sistema escolar massificado, no qual o professor deve atender a grupos com quarenta ou mais alunos por turma. Essa situação não permite dar ao aluno atenção individual, muitas vezes necessária. Assim, o uso adequado de um bom livro-texto tem função múltipla: assegura a qualidade da informação e, conseqüentemente, o aprendizado dos alunos, dá apoio às aulas do professor, facilita a seleção de problemas e atividades para o estudo independente e ainda contribui para a educação continuada e para a atualização do professor.

!

O livro não é o único veículo de atualização do professor em serviço. Revistas especializadas, cursos, seminários e simpósios são atividades indispensáveis para os professores, mas, dependendo da locação, nem sempre estão disponíveis. Dados recentes sobre a formação do professor de Física do Ensino Fundamental e Médio pelo INEP/MEC indicam que aproximadamente 90% dos professores em serviço não possuem formação específica (O GLOBO, 11/1/07).

O livro-texto faz parte do projeto pedagógico da escola, do qual os professores devem participar ativamente, sendo um processo pedagógico intencional, voltado para o desenvolvimento de ações transformadoras na escola. Esta é mais uma razão para que o livro-texto seja uma ferramenta pedagógica que você utiliza criticamente, conhecendo tanto suas limitações como suas qualidades.

É bom lembrar que os conteúdos e orientações específicos que os livros fornecem são escolhidos pelos autores de acordo com *enfoques curriculares* específicos que constituem a base do projeto pedagógico do autor. Mas lembre-se sempre de que você será o professor que estará na frente da classe e que suas escolhas devem adequar-se à turma e não precisam necessariamente ser as mesmas do autor. Use o livro como se você o tivesse escrito!

TEXTOS DIDÁTICOS

Os textos didáticos citados nas atividades deste módulo encontram-se à disposição dos alunos nas bibliotecas dos pólos. Aconselhamos que você entre em contato com as editoras, para se manter atualizado com os novos lançamentos e para conseguir exemplares gratuitos de livros para uso dos professores. Todas as editoras os fornecem aos professores sempre que comprovem sua atuação profissional.

A maioria dos textos didáticos de Física citados nesta aula é destinada ao aluno. Sua função é dar suporte ao estudo da matéria específica. Os livros antes editados em três volumes, cada um correspondente a uma respectiva série do Ensino Médio, são hoje, por razões práticas, publicados em versão resumida, em volume único, que apresenta os conteúdos das três séries do Ensino Médio. Nestes, a matéria é tratada de forma simplificada e alguns tópicos são omitidos.

É importante que você se familiarize com um texto escrito com o propósito explícito de atender à grade de Física das escolas públicas brasileiras (2 horas/semana) intitulado *Física, de olho no mundo do trabalho* (Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga, 2004). Você encontrará nas Referências uma breve resenha com as principais características deste volume.

Os livros-texto modernos apresentam diversas seções que complementam e enriquecem o conteúdo específico. Aspectos históricos e tecnológicos, a epistemologia e a natureza da ciência, as dificuldades de aprendizagem dos alunos merecem destaque na maioria deles.

Alguns apresentam uma seção de desafios intitulada "Para Saber Mais". O enfoque fenomenológico está sempre presente nas aplicações e nas listas de exemplos e problemas. Também são oferecidas diversas formas de fixação conceitual, aplicações e problemas. Atividades simples que podem ser feitas em casa ou na escola são sempre apresentadas. Recomendamos que você sempre comece a leitura dos livros-texto pelo prefácio ou pelas páginas de apresentação.

Os textos são acompanhados do livro do professor, no qual o(s) autor(es) explica(m) seus objetivos e o enfoque curricular é descrito de forma explícita. As funções das diferentes seções do livro são justificadas, assim como a forma como são apresentados os assuntos, as atividades e a avaliação. São também propostas estratégicas a serem utilizadas em sala de aula, geralmente com exemplos de aplicação concretos. No livro do professor são também dadas respostas às atividades experimentais e aos problemas apresentadas no livro do aluno e são discutidos aspectos didáticos, com propostas de trabalhos e tarefas não mencionadas no livro do aluno. O objetivo é enriquecer e dar suporte ao trabalho do professor em sala de aula. Bibliografias, *software* e endereços na internet interessantes para o professor são também fornecidos.

Os conteúdos específicos, como foi mencionado antes, estão geralmente seqüenciados a partir da Mecânica (cinemática e dinâmica), da Termodinâmica, da Óptica (geométrica e física), da Física Ondulatória e do Eletromagnetismo. Alguns textos modernos entram na Física Atômica de forma apenas descritiva e discutem aplicações de interesse como formas de geração de energia "limpa" (que não poluem o meio ambiente), especialmente a energia nuclear para uso pacífico. Mecânica Quântica e Relatividade, tópicos de fronteira da Física atual, são apenas mencionados em seções oferecidas como opcionais.

Dada a impossibilidade de explicitar todos esses aspectos, restringiremos nossa discussão à análise de alguns dos livros-texto recomendados pelo PNLDEM.

ENFOQUES CURRICULARES

O enfoque curricular é o conjunto coerente de mensagens sobre os conteúdos da Física, comunicados explícita ou implicitamente ao leitor pelo autor. Nos textos didáticos, cujo objetivo principal é fazer com que *alguém aprenda*, essa é a forma como o autor comunica os conteúdos; a forma como se questiona, como se ilustra e como se define a ordem conceitual, como são escolhidas as atividades e os problemas, como apresenta exercícios e outros tipos de avaliação da aprendizagem, levando em conta o perfil do aprendiz a quem se destina o texto.

A seguir faremos uma breve descrição, que não pretende ser exaustiva, de alguns dos principais enfoques curriculares. A nossa escolha utiliza a classificação de Roberts (1982). É importante lembrar que, na atualidade, os livros didáticos tendem a utilizar ênfases híbridas, que refletem as idéias didáticas construtivistas das últimas décadas. Você, como professor, tem de estar preparado para agir e definir a filosofia educacional que determina seu enfoque curricular.

Ciência do cotidiano

Este enfoque curricular é determinado pela ênfase na ciência como um meio importante para entender e controlar o ambiente, seja este natural ou artificial. Fundamenta-se na convicção de que a ciência tem de ser útil para a vida do cidadão comum. Valoriza a compreensão individual e coletiva dos princípios científicos, para lidar com os problemas e fenômenos do dia-a-dia. O aluno deve estar capacitado para explicar o que acontece no seu entorno a partir dos conteúdos físicos (fenômenos e princípios) aprendidos na escola.

Mesmo que este seja o enfoque recomendável para um ensino significativo da Física no Ensino Médio, há dificuldades para sua implementação irrestrita porque:

a) é difícil de utilizar mantendo a qualidade do ensino, podendo levar a um tratamento superficial dos conteúdos, limitando a possibilidade de generalização conceitual;

b) os fenômenos do cotidiano são complexos e, quando passam por uma "simplificação", correm o risco de não serem bem explicados;

c) o professor precisa ter uma boa fundamentação conceitual e estar bem preparado para explicar, com bastante convicção, os fenômenos apresentados, ilustrá-los etc.

Exemplo comentado:

GREF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física - Cadernos do aluno.

Trata-se de um excelente material didático que atende às características acima descritas. Foi desenvolvido pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física formado por professores do Ensino Médio e professores do Instituto de Física da USP. Os *Cadernos do GREF* desenvolvem os conteúdos de Mecânica, Física Térmica, Óptica e Eletromagnetismo por meio de leituras dinâmicas, em que questionar, investigar, fazer e pensar estão sempre presentes. Cada leitura trata de um assunto em poucas páginas, assim seqüenciadas: abertura, investigação, estudo e complemento. Um conjunto de leituras compõe a abordagem de cada tema. Os *Cadernos* não são um livro no sentido estrito do termo. São folhetos curtos que propõem ensinar a Física para o Ensino Médio vinculada à experiência cotidiana dos alunos, procurando apresentá-la como um instrumento de melhor compreensão e atuação na realidade. Sua apresentação é bem ilustrada, tanto do ponto de vista narrativo como conceitual, por meio de desenhos feitos a mão livre que contribuem para a melhor compreensão dos fenômenos. Os conceitos físicos básicos são apresentados de forma amena e moderna e com bom poder explicativo dos assuntos. O clima geral dos textos é de humor, de modo que não é de se estranhar encontrar piadas contextualizadas da Física, que levam o aluno a pensar.

Existe também um texto do GREF em três volumes que pode ser mais bem utilizado como livro do professor e que você encontra na biblioteca do seu pólo. Esse texto foi utilizado em Introdução à Física I, e você certamente já deve conhecê-lo.

Os *Cadernos do GREF* são de domínio público e podem ser baixados no endereço da internet http://axpfep1.if.usp.br/~gref/html

ATIVIDADES

3.

a. Prepare dois planos de aula introduzindo as leis de Newton para alunos do Ensino Médio, utilizando:

O *Caderno do GREF*, volume de Mecânica.

O *universo da Física*, volume 1, Sampaio e Calçada (2001).

Nota: O plano de aula solicitado deve fornecer os assuntos que sejam pertinentes para estruturar a aula planejada: os fenômenos e os conceitos; os objetivos pretendidos; o tempo disponível para desenvolver o tema; o nível (introdutório, aprofundamento ou aplicações); os pré-requisitos conceituais necessários; os problemas e/ou atividades que serão apresentados; as estratégias de ensino e o detalhamento dos materiais didáticos que devem ser explicitados.

b. Faça um breve comentário (até cinco linhas) sobre o enfoque curricular *Física do cotidiano* apresentado nos dois textos indicados.

Estrutura da ciência

Este tipo de instrução transmite a mensagem de que os conhecimentos científicos foram acumulados ao longo dos séculos, frutos de um intenso trabalho de pesquisa. Este tipo de ensino transmite, assim, a segurança de que os conceitos e o conjunto de idéias expostos são corretos e, portanto, que a legitimidade da correção das explicações científicas prevalece. Este enfoque tem como base a própria natureza da ciência, trabalhando a interação entre a evidência dos dados experimentais e as teorias da Física, ou seja, explica os fenômenos e a natureza evolutiva dos conhecimentos científicos a partir da sua adequação aos modelos físicos propostos.

Este enfoque é a base da maioria dos livros-texto. A crítica que hoje se coloca é a de que este enfoque define as estratégias de ensino da maioria dos professores de Física pela mera transcrição, no quadro-negro, dos conteúdos formais, sem o correspondente embasamento dos fenômenos físicos tratados. Essa estratégia didática é, hoje, considerada uma das principais causas das dificuldades de compreensão/aprendizagem dos alunos.

Este tipo de ensino traz consigo várias dificuldades que nunca é demais apontar:

a) exige do aluno capacidade de abstração e domínio da Matemática, necessários para a expressão correta dos modelos físicos;

b) exige do professor um excelente domínio dos resultados empíricos para trabalhar os conceitos físicos. A interpretação dos resultados experimentais – à luz das teorias e modelos – deve ser sempre trabalhada com os alunos em sala de aula, e de preferência por meio da apresentação de atividades práticas. As conseqüências para a avaliação da aprendizagem são um "mal maior", já que a maioria dos professores verifica o que o aluno aprendeu por meio de modelos físicos fechados e considera a aplicação simbólica (que os alunos erroneamente chamam de fórmulas) como evidência dessa aprendizagem.

ATIVIDADES

4.

a. O que você faria se o livro de Física do Ensino Médio que você escolheu apresentasse tópicos numa ordem conceitual da qual você discorda? Como exemplo, sugerimos que você faça uma análise do Capítulo 8 – "Calor e máquinas térmicas" – do livro *Física,* Volume Único, de Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga (livro-texto utilizado na disciplina Introdução à Física I – CEDERJ). Reflita sobre a seqüência apresentada pelos autores. Você utilizaria a ordem conceitual de apresentação dos autores? Justifique sua proposta de ordenamento conceitual.

b. Compare o tópico "Queda livre" apresentado no livro *Física* – Volume Único, Máximo e Alvarenga, com a versão apresentada no livro *Física* – Volume 1, dos mesmos autores. Observe que, no Volume Único, os autores fizeram uma seleção e síntese dos conceitos apresentados. Para justificar seus argumentos, utilize os seguintes critérios: clareza dos conceitos, apresentação formal dos conceitos, exercícios e problemas, atividades sugeridas, enriquecimento da discussão das relações Física-sociedade, Física-história, Física-tecnologia, sugestões metodológicas etc.

5.

Faça um estudo comparativo da forma de apresentação conceitual da Física das rotações apresentadas em:

Capítulo 9, "Cinemática Angular", p. 222-252 - *Universo da Física 1*, Sampaio e Calçada (2001), com o enfoque feito em

Parte 1. 1.3 - *Investigando invariantes nas rotações* – p. 68-107, *Cadernos do GREF*, Volume 1, Mecânica.

Observe que os primeiros autores apresentam os conceitos como definições, com sua expressão matemática de forma resumida e trabalham um grande número de exemplos simples, enquanto o segundo (GREF) dá ao tema um tratamento fenomenológico. No GREF são analisados a origem do movimento de rotação (associada a outro movimento de rotação em sentido oposto); o conceito de conservação da quantidade de movimento angular (momento angular); inércia e velocidade de rotação; torque e as leis do movimento de rotação, aplicados às situações do cotidiano.

A vantagem desses enfoques só poderá ser apreciada se você fizer uma leitura cuidadosa dos respectivos capítulos. Seu comentário escrito não deve ultrapassar quinze linhas.

Ciência, tecnologia e sociedade (CTS)

Diferencia-se da Ciência do Cotidiano (item 1) pela sua ênfase nas limitações da ciência para lidar com situações práticas que afetam a sociedade. Neste enfoque, a ciência baseia-se nos princípios científicos e na tecnologia, mas obedece a critérios práticos, políticos e sociais. Este é um enfoque que os PCN favorecem na fundamentação de projetos.

No livro *Física e Realidade*, Gonçalves e Toscano (1997), os autores, fazem a ligação entre as inovações tecnológicas que surgem na vida diária: telefones celulares, televisão, guindaste na construção, chuveiro elétrico, automóveis com computadores a bordo etc. e o conhecimento científico sistematizado pela Física, que trata das leis físicas, das definições e dos conceitos relacionados aos fenômenos que explicam e que geraram essa tecnologia.

ATIVIDADES

6.

a. Faça uma análise do índice do Volume 3 – *Eletricidade e Magnetismo*, do texto Física e Realidade, de Gonçalves e Toscano (1997).

b. Escolha um capítulo do seu interesse para identificar quais as características do enfoque CTS dado pelos autores.

c. Leia os exemplos tratados na seção Texto & Interpretação do primeiro capítulo e prepare um questionário para verificar a compreensão textual dos alunos.

d. Os exemplos e problemas apresentados no livro são consistentes com o enfoque CTC? Justifique.

e. Você acha que a apresentação conceitual da Física difere do tratamento dado em livros-texto que utilizam outros enfoques curriculares? Sim_____ Não _____ Justifique sua escolha.

Desenvolvimento de habilidades específicas

Focaliza as habilidades fundamentais necessárias para desenvolver atividades científicas. O objetivo do ensino de ciência não seria, assim, o acúmulo de conhecimento numa área determinada, mas, a competência no uso dos processos básicos e comuns a todas as ciências. Assim, o processo científico é mais importante que o produto. Nesse sentido, os autores não se preocupam com a inclusão de todos os tópicos, mas com a forma de tratamento dada aos assuntos que são apresentados. Um outro aspecto trabalhado é a independência dada ao aluno.

ATIVIDADES

7.

Leitura do Módulo 3, *O Campo Eletromagnético*, Projeto de Ensino de Física, PEF-IFUSP–MEC/FENAME/PREMEN, 1974.

a. O que você acha do enfoque curricular para ensinar Física?

b. Liste quais seriam as vantagens e desvantagens desse enfoque para uma aprendizagem conceitual eficiente.

c. O que você acha do papel do professor nesse enfoque curricular?

Desenvolvimento em espiral

O conhecimento de ciências adquirido em cada nível de escolarização é o fundamento para o próximo nível. A ciência, no Ensino Fundamental, é uma preparação para o estudo no Ensino Médio, e este, por sua vez, a base da próxima etapa. O aluno recebe a mensagem de estar aprendendo algo que se encaixa numa estrutura planejada. Muitos dos Currículos Nacionais das últimas décadas foram desenvolvidos desta forma. Nos livros modernos destinados ao ensino de Ciências do segundo segmento do Ensino Fundamental, 5ª a 8ª séries, a ciência é ensinada de forma integrada, conseguindo-se um certo grau de interdisciplinaridade nos programas. Esse enfoque, altamente desejável, é de difícil aplicação dada a formação específica dos professores e dificilmente aplicável ao 3º grau, tal como os currículos hoje estão organizados. Apresentamos apenas um livro de Ciências do Ensino Fundamental que apresenta características desejáveis pela sua integração conceitual.

Exemplo comentado:

Construindo Consciências – Ed. Scipione, 2004

Mencionaremos como exemplo de um ensino de ciências integrado uma série do Ensino Fundamental (5ª a 8ª séries) intitulada *Construindo Consciências* – Ed. Scipione, 2004. Esta série foi construída para despertar no aluno curiosidade e interesse pela ciência. As atividades propostas

solicitam de forma consistente a participação ativa dos alunos, fazendo da sala de aula um verdadeiro espaço de aprendizagem. O interessante é que este livro foi construído de forma que não é necessário passar por todas as unidades e capítulos, ficando a critério do professor a seleção dos conteúdos. Os autores são professores que formam o grupo "Ação e Pesquisa em Educação em Ciências" e tiveram a preocupação de dar suporte ao professor desenvolvendo estratégias de trabalho ao longo dos capítulos, com exercícios bem escolhidos que atendem muito bem às estratégias construtivistas. Outra característica interessante deve-se ao fato de que, dando continuidade ao longo dos quatro anos de Ensino Fundamental, um mesmo conceito é apresentado de forma cada vez mais elaborada, acompanhando o desenvolvimento cognitivo da criança e adicionando a sofisticação necessária para o aprofundamento. Na Unidade 4 da 5ª série o conceito de *força à distância* é introduzido quando trata do nosso planeta. Ao longo das outras séries são tratados os conceitos de força elétrica, atrito, elástica, ligação química etc., chegando na 8ª série ao estudo da cinemática, introduzindo as leis de Newton com simplicidade e rigor.

ATIVIDADE

8. Analise os índices dos livros da série *Construindo Consciências*, identificando os conceitos físicos trabalhados nos vários níveis de aprendizagem.

Tecnologia educacional

Neste enfoque, o papel do currículo é encontrar meios eficientes para atingir um conjunto de determinados objetivos do ensino. O foco está na interação entre o aluno com o material instrucional. O importante é a aprendizagem eficiente de conhecimentos científicos transmitidos corretamente pelo professor auxiliado por material didático

especificamente construído. A aplicação das teorias da Psicologia Conductista (**Skinner**) levou, nos anos de 1970, à produção de livros-texto programados, nos quais o estudante realiza um estudo dirigido (perguntas e respostas que exigem *domínio* do conteúdo), conduzindo, assim, o aluno em cada etapa da instrução.

B. Frederic Skinner (1904-1990)

Psicólogo e professor da Universidade de Harvard, foi o expoente máximo da corrente *behaviorista*, corrente que dominou o pensamento e a prática da Psicologia em escolas e consultórios até os anos 1950. O princípio do behaviorismo é que só é possível teorizar e agir sobre o que é cientificamente observável. Skinner baseou suas teorias na análise das condutas observáveis. Nenhum pensador ou cientista do século XX levou tão longe a crença na possibilidade de controlar e moldar o comportamento humano. O behaviorismo restringe seu estudo ao comportamento (*behavior*, em inglês), tomado como um conjunto de reações dos organismos aos estímulos externos. O reforço é o elemento-chave de sua teoria. Um reforço é qualquer coisa que fortaleça a resposta desejada; pode ser um elogio verbal, uma boa nota, ou um sentimento de realização ou satisfação crescente. A teoria também cobre reforços negativos – uma ação que evita uma conseqüência indesejada.

COMENTÁRIO SOBRE ALGUNS LIVROS DE INTERESSE PARA O PROFESSOR DE FÍSICA

Livros de experiências de Física

O Manual de Experiências, que é ainda publicado, associado a equipamentos experimentais vendidos por firmas comerciais, tanto nacionais como estrangeiras, é um típico exemplo. Esse tipo de livro é geralmente preparado para auxiliar o professor a utilizar o equipamento específico. Geralmente apresenta os roteiros dos experimentos organizados de forma tópica (Mecânica, Física Térmica, Eletricidade e Magnetismo etc.). Os roteiros descrevem a experiência na seqüência de atividades a serem realizadas e colocam um conjunto de perguntas para análise das conclusões.

Hoje, como você pode ter percebido na visita às escolas ou por experiência própria, dificilmente se encontram escolas que tenham laboratórios de Física e cada vez mais os livros-texto modernos incluem propostas de atividades integradas conceitualmente à matéria tratada. Estas atividades são geralmente qualitativas, de fácil montagem, utilizam materiais simples e acessíveis e ilustram os fenômenos discutidos na teoria.

Recomendamos especialmente que você se familiarize com o livro de Gaspar (2003), *Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental*. Este livro foi escrito para o Ensino Fundamental, mas será útil para o professor do Ensino Médio, pela riqueza do material apresentado, por seu enfoque curricular explícito e pelos recursos utilizados para capacitar o professor novato na prática da montagem de experiências simples, que utilizam materiais de baixo custo. Cada seção contém um conjunto de experimentos para um dado tema apresentado. A seção "Como construir a atividade" contém uma explicação simples dos conceitos desenvolvidos, fornecem um roteiro pedagógico que orienta o professor e ainda explicitam alguns dos problemas do que pode dar errado na experiência. Aproveite porque é uma verdadeira aula de como dar aula!

ATIVIDADE

9. Escreva uma resenha de vinte linhas do livro *Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental*, Gaspar (2003), destacando os aspectos metodológicos oferecidos pelo autor, em especial, a estrutura e função das seções das experiências.

Livros paradidáticos e de divulgação científica

O que são? Livros escritos para atualização de tópicos científicos e tecnológicos de fronteira, cuja apresentação qualitativa pressupõe que sua leitura deverá estar ao alcance de não-especialistas. Alguns deles são escritos pelos próprios cientistas das áreas de conhecimento (Stephen Hawkings, Steven Gould, Albert Einstein, Carl Sagan, dentre muitos outros). Mas hoje existe um mercado editorial amplo de livros paradidáticos, escritos especificamente para alunos do Ensino Básico. Estes livros são de utilidade para o desenvolvimento de projetos, leituras extraclasse e, em geral, são os próprios pais que os ofertam aos filhos. Na escola são recomendados pelos professores como leitura complementar ou para o desenvolvimento de projetos.

Esse tipo de livro apresenta os mais variados assuntos: tecnologias complexas em termos "leigos" (o Radar, Lançamento de satélites, Vacinas, Sistemas complexos, Nanotecnologia, O computador por dentro etc.) e livros de história da Ciência e a natureza das descobertas científicas. Há ainda farta literatura para crianças. Alguns são escritos para fazer a ponte entre a tecnologia e os fundamentos físicos, históricos etc. A grande maioria destes livros é produzida no exterior e traduzidos para o português. Praticamente todas as editoras de livros didáticos publicam esse tipo de literatura.

No Brasil, a Sociedade Brasileira de Física iniciou um projeto em 2005 para produção de livros paradidáticos escritos por físicos brasileiros. Até o presente, foram publicados seis títulos sobre temas de Física contemporânea (Editor: Livraria da Física, USP): *Nanotecnologia, A luz, Microondas, Supercondutividade, Radiação ultravioleta e efeitos biológicos* e *Nossa estrela, o Sol.*

Nas referências indicaremos as editoras que têm um bom acervo de material paradidático.

ATIVIDADE

10. Entre nas páginas da internet das editoras listadas ao final deste módulo e selecione um conjunto de títulos que você recomendaria para seus alunos, explicitando: qual o objetivo e a razão de sua escolha?

AVALIAÇÃO DO LIVRO DIDÁTICO

O texto de um livro didático tem por objetivo sintetizar, da melhor forma, um assunto dentro de determinada área do conhecimento, adaptando-se sempre ao nível de compreensão dos alunos que vão utilizá-lo. Há pouco tempo, os livros didáticos passam por avaliações do Ministério da Educação, que a partir de determinados critérios aprova ou não a publicação. Além do mais, como os livros são produzidos em capítulos, em blocos de temas, é necessário que haja complementaridade entre um assunto e outro, e há que se garantir a continuidade da linguagem, das tarefas propostas, da linha de raciocínio, fatores que podem ser garantidos por meio de uma criteriosa revisão técnica. Afinal, como os livros são escritos por dois ou mais autores, muitas vezes esses detalhes passam despercebidos, comprometendo a originalidade e a qualidade do material. Muitos dos livros didáticos apresentados acabam sendo reprovados pelo Ministério da Educação devido a linguagem inadequada, a pobreza visual e a informações desatualizadas.

Para conhecer os livros devemos primeiro saber avaliá-los, e por isso é importante que você utilize critérios que o habilitem a atender os objetivos do projeto pedagógico, seu e da escola. Nunca escolha um livro-texto sem ter um bom conhecimento do seu conteúdo. Um livro didático não deve ser escolhido apenas porque parece "ser bom", ter uma boa apresentação, bonita e colorida, ou porque um colega o apresenta como interessante. Aceite os comentários de colegas, mas faça o seu julgamento pessoal, analisando o livro cuidadosamente. E principalmente pense nos objetivos do ensino de Física, nos seus alunos e na escola, antes de escolher o livro!

O Estado, por meio dos seus programas educacionais, tem o dever de proporcionar aos alunos da rede pública de ensino acesso a livros de qualidade. Desta forma, o professor terá uma ferramenta que complementa seus conhecimentos, sua cultura, permitindo a sua atualização. O PNLDEM iniciou, em 2006, a avaliação dos livros-texto de Física para o Ensino Médio. Foram escolhidos seis livros-texto após avaliação de uma comissão de especialistas. Estes livros estarão à disposição dos professores, que indicaram aquele mais adequado para seus alunos. O livro escolhido será encaminhado à escola, na base de empréstimo anual, para o uso individual dos alunos. Acompanhe esse processo na sua escola e observe a forma como ele está sendo implantado. O conjunto de livros selecionado em 2006 está identificado especificamente nas Referências.

No curso de sua vida profissional você enfrentará diversos desafios, dentre eles, um dos mais difíceis será a escolha do livro-texto para sua escola. Nessa situação, você deverá ter argumentos bem estruturados para discutir com a coordenação escolar, e com os seus colegas, o motivo de sua escolha. Esta tarefa requer maturidade e uma sistemática que passa pela utilização de critérios consistentes. Certamente, será difícil encontrar algum livro que atenda a todos os critérios apresentados a seguir que foram selecionados utilizando a ficha preparada pelo Programa Nacional do Livro Didático. Sua familiarização com essa linguagem deverá contribuir para seu melhor conhecimento dos livros, assim como ajudá-lo a fazer as escolhas adequadas a seus alunos.

CRITÉRIOS DE ESCOLHA DO LIVRO-TEXTO DE FÍSICA (PNLDEM/MEC)

A seguir, listamos de forma resumida os critérios que guiaram a comissão de especialistas na avaliação dos livros-texto de Física listados nas páginas que se seguem.

Critérios para seleção do livro do aluno

Correção conceitual:

1) o tratamento conceitual é correto;

2) as ilustrações e imagens são relevantes, contribuem para a compreensão das idéias e têm legenda;

3) a escala é apropriadamente indicada;

4) redação clara e objetiva dos textos, com informações suficientes;

5) o vocabulário específico está claramente explicado;

6) a linguagem está gramaticalmente correta.

Aspectos pedagógico-metodológicos:

1) apresenta metodologia coerente, exemplificada nas atividades para os alunos;

2) dá ênfase à segurança dos procedimentos das atividades apresentadas no texto do aluno;

3) as atividades propostas estão relacionadas aos modelos teóricos trabalhados conceitualmente;

4) o conhecimento científico é apresentado de forma contextualizada, fazendo uso adequado dos conhecimentos prévios e das experiências culturais dos alunos, tratados de maneira respeitosa;

5) o desenvolvimento de habilidades de comunicação oral e de natureza científica faz uso didático de artigos científicos e de divulgação científica, de textos jornalísticos, gráficos, tabelas, mapas, cartazes, vídeos, internet, simulações etc.;

6) incentiva atividades que exigem trabalho cooperativo, estimulando-se a valorização e o respeito às opiniões do outro;

7) a realização dos experimentos/demonstrações propostos é viável utilizando as instruções apresentadas e em termos dos materiais necessários. Indica materiais alternativos;

8) o resultado final das atividades propostas não é apresentado antes da sua realização. Incentiva o espírito investigativo, por meio de atividades em que os alunos aventam hipóteses sobre fenômenos naturais e desenvolvem formas de testá-las, ou utilizam evidências para julgar a plausibilidade do modelo proposto.

Construção do conhecimento científico:

1. compreensão integrada da Física;

2. valoriza a história e a filosofia das Ciências;

3. história da ciência integrada à construção dos conceitos físicos; evita resumi-la a biografias de cientistas;

4. abordagem adequada de modelos científicos sem confundi-los com a realidade;

5. uso do conhecimento científico para compreender problemas contemporâneos, a tomada de decisões e a inserção dos alunos em sua realidade social;

6. os conceitos centrais aparecem de forma recorrente, em contextos explicativos diferentes, favorecendo a construção de sistemas conceituais integrados;

7. trabalha as origens históricas;

8. não apresenta matéria nociva ou descobertas isoladas para o aluno ou propaganda de qualquer espécie;

9. não apresenta doutrinação religiosa e desrespeito ao meio ambiente.

Construção da cidadania:

1. enfrenta questões ambientais com respeito e de forma realista e equilibrada;

2. evita posturas alarmistas e catastróficas.

Critérios para o livro do professor:

1. descreve a estrutura geral do livro, explicitando a articulação pretendida entre suas partes e/ou unidades e os objetivos específicos de cada uma delas;

2. dá orientações claras e precisas para a abordagem do conteúdo em sala de aula;

3. dá subsídios conceituais para o ensino correto, discussão das atividades e exercícios propostos;

4. trata do processo de avaliação da aprendizagem e fornece instrumentos diversificados de avaliação;

5. oferece conhecimentos atualizados, necessários para a compreensão adequada das atividades ou da proposta pedagógica;

6. tem referências bibliográficas e leituras complementares;

7. usa recursos gráficos diferenciados para mostrar a organização do texto (títulos, subtítulos e outros);

8. formato e tamanho de letra, espaço entre as letras, palavras e linhas atendem a critérios de legibilidade;

9. as ilustrações são claras, precisas, coerentes com o texto e necessárias para a aprendizagem do aluno; quando pertinentes, contêm créditos, legendas, fontes e datas nas ilustrações, nas tabelas e nos gráficos;

10. apresenta referências bibliográficas, leituras complementares e glossário;

10. o sumário mostra organização interna e permite rápida localização das informações.

ATIVIDADE

11. O exemplo mostrado na primeira coluna utiliza os critérios/ categorias, anteriormente descritos, fazendo a escolha do algarismo correspondente ao critério dentro da categoria. Complete a tabela, indicando o número da lista de critérios relacionados anteriormente que você julgue ser contemplado para os quatro livros indicados.

Critérios de escolha do livro-texto Física - Livro do aluno

	Máximo e Alvarenga	Gonçalves e Toscano	GREF	Gaspar	Sampaio e Calçada
Correção conceitual	1-2-3-4-5-6				
Aspectos pedagógico-metodológico	1-3-7-8-9				
Construção do conhecimento científico	1- 4-6- 8- 9				
Construção da cidadania	1-2				

Nota: Para localizar o livro a partir dos autores, consulte o Anexo A.

BIBLIOGRAFIA COMENTADA

ALCÂNTARA, F.G. *Física*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1950.

Comentário: Este livro foi muito utilizado pelas escolas de elite da época. Em 1956, foi produzida sua 10ª edição. O conteúdo tratado, em especial os editados pós 1951, obedeciam as Portarias do MEC, que prescreviam os novos programas de Física para o curso Colegial. O espectro de tópicos tratados é muito amplo, dando ao estudante acesso a um conjunto de informações significativas relativas à Física moderna. É interessante que nos livros da 3ª série encontremos temas hoje dificilmente apresentados nos livros didáticos atuais. O último capítulo deste livro trata, em 42 páginas, dos seguintes itens: oscilações elétricas, ondas eletromagnéticas, rádio comunicação, radiofonia, televisão, condução dos sólidos nos gases, potencial explosivo, descargas nos gases rarefeitos, raios catódicos, oscilógrafos catódicos, microscópio eletrônico, raios X, ampolas de raios X, raios canais, emissão termo-iônica, triodos, efeito foto-elétrico, constituição de matéria, radiatividade, teoria da relatividade, teoria da matéria, teorias da Luz.

AMALDI, U. *Imagens da Física: idéias e experiências do pêndulo aos quarks*. São Paulo: Scipione, 1995.

Comentário: Edição brasileira do manual adotado em várias escolas italianas. Dentre as inovações surgidas com esta obra, destacam-se: a valorização dos conceitos físicos não só do ponto de vista da Matemática, a nova seqüência do programa, apresentação de tópicos da Física de ponta (Relatividade Restrita, Mecânica Quântica) e referências a fenômenos do cotidiano. Os trinta capítulos têm apresentação de objetivos, explicações e tópicos, exercícios resolvidos, lista de palavras-chave e resumo. No fim do livro, cerca de 400 exercícios e problemas, divididos em dois graus de dificuldade e com remissiva para o item do texto ao qual se referem, mais índice remissivo e tabelas. Este livro tem uma origem muito peculiar.

BLACKWOOD, O. H.; HERRON, W. B.; KELLY, W. C. *Física na escola secundária*. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1958.

Comentário: O livro apresenta os princípios e as aplicações práticas da Física em uma linguagem acessível e simples. O livro é completo e para sua época muito moderno, expondo os

assuntos necessários à preparação do estudante antes de entrar na universidade. Relevo especial é dado aos exemplos tirados do cotidiano, ensinando Física de maneira útil e agradável, permitindo a todo tipo de estudante, com diferentes interesses e capacidades de utilizá-lo da forma mais útil. Os problemas apresentados são cuidadosamente escolhidos de forma que as dificuldades matemáticas não constituem empecilho. Ao final de cada capítulo, existem resumos da matéria tratada e testes que foram cuidadosamente organizados. As estratégias de trabalho em sala de aula têm suporte nas diversas seções que interagem com o aluno: *Tente estes problemas; Você sabe o que é?; Tente você mesmo; Para discussão em classe*. Na época de sua tradução este livro foi considerado exemplo de ensino moderno no Brasil, tanto que sua tradução foi feita por dois dos mais prestigiosos físicos brasileiros.

CARO, C. M. et al. *Construindo consciências*: 5ª e 8ª séries do Ensino Fundamental. São Paulo: Scipione, 2004.

GUIMARÃES, L. C. M.; FONTE BOA, M. C. *Física para o Ensino Médio*. Rio de Janeiro: Futura, 2004. 3 v. e v. único.

GASPAR, A. *Física*. São Paulo: Ática, 2003. 3 v.

_____. *Física*. São Paulo: Ática/Harbra, 2004. *v. único*

_____. *Experiências de ciências para o Ensino Fundamental*. São Paulo: Ática, 2003.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. *Física*. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 1993. (v. 1: mecânica, v. 2: física térmica e óptica, v. 3: eletromagnetismo).

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. Cadernos *online*. Disponível em: <http://axpfep1.if.usp.br/~gref/pagina01.htmlInternet>. Acesso em: 09 maio 2007.

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
Comentário: o livro apresenta os conceitos da Física sem tratamento formal, como habitualmente é feito nos textos tradicionais.

As equações são apresentadas como *guias do pensamento* e não como receitas para realizar cálculos. As imagens e analogias da vida real são utilizadas para apresentar os fenômenos de forma que ajudem o aluno a compreender as equações da Física quando necessárias. A linguagem utilizada é informal o que facilita sua leitura. Tarefas e projetos de fácil execução são propostos para que os alunos se envolvam em atividades de exploração e observação. Temas contemporâneos são contemplados ligados aos assuntos de conteúdo. Desmitifica modismos pseudocientíficos, tais como uso de celulares, irradiação de alimentos e outros, apresentados como perigosos sem fundamentação científica comprovada. Exercícios e questões permeiam o livro, levando o aluno a refletir sobre como aplicar os conceitos físicos aprendidos.

LORENZ, K. M. Os livros didáticos e o ensino de ciências na escola secundária brasileira no Século XIX. *Ciência e Cultura*, v. 38, n. 3, 1986.

LUZ, Antonio Máximo; ALVARES, Beatriz Alvarenga. *Física:* volume único. São Paulo*:* Scipione, 2002.

_____. *Física. São Paulo:* Scipione, 2005. 3 v.

_____. *Física: De olho no mundo do trabalho*: volume único. São Paulo: Scipione, 2004.
Comentário: este livro estabelece a conexão entre o universo da Física e o cotidiano das pessoas, destacando aplicações da ciência com o mundo do trabalho. Oferece boxes sobre profissões, história e tecnologia; exercícios resolvidos e de fixação. As atividades estão distribuídas ao longo do livro para que os estudantes possam compreender os conceitos físicos por meio de experimentos simples construídos com materiais de baixo custo e facilmente encontrados em casa. Apresenta também mais de 600 testes e questões de provas dos diversos exames vestibulares e concursos para carreiras de nível médio.

MAGNO, C.; TORRES A.; PENTEADO, P. C. M. *Física:* Ciência e tecnologia. São Paulo: Moderna, 2001. 3 v.

MEC: 60% dos docentes sem formação adequada. *O Globo*, p. 8, 11 jan. 2007.

MOREIRA M. A.; AXT, R. *O livro didático como veículo de ênfases curriculares no ensino de física. Revista de Ensino de Física*, v. 8, n. 1, jun.1986.

PRADO, A.; SÁ, V. C. LEITÃO; ROCHA, A. *Curso de physica em lições*. Rio de Janeiro: Tipografia Esperança, 1931.

PROJETO DE ENSINO DE FÍSICA (PEF). Instituto de Física/USP. São Paulo: MEC/FENAME, 1974.

RAMALHO, F.; NICOLAU, G; TOLEDO, P. A. *Física moderna*. São Paulo: Moderna, 2002. 3 v.

ROBERTS, D. A. Developing the concept of curriculum emphases in science education. *Science Education*, v. 66, n. 2, 1982.

SAMPAIO, J. L. P.; CALÇADA, C. S. V. *Universo da Física*. São Paulo*:* Saraiva, 2004. 3 v.

_____. *Universo da Física:* volume único. São Paulo*:* Saraiva, 2004.

Tecnologia para o ensino: os recursos audivisuais (I)

AULA 9

Meta da aula

Este módulo está dividido em duas aulas dedicadas a tecnologias direcionadas ao ensino. Nesta aula, você terá uma introdução sobre como utilizar recursos audiovisuais.

objetivos

Durante o estudo desta aula, você:

- aprenderá sobre alguns métodos e equipamentos utilizados para a ilustração de uma aula;
- fará uma aplicação prática de ilustração de uma aula de Física.

Pré-requisitos

Para o bom acompanhamento desta aula, você deve realizar uma revisão sobre a cinemática do movimento de queda livre (Física Básica IA, Aula 7) e sobre os principais resultados da dinâmica de um sistema de partículas, incluindo colisões elásticas e o conceito de centro de massa (Física Básica IB, Aula 30).

INTRODUÇÃO

Ao discutirmos a instrumentalização do ensino de Ciências, quase sempre fixamos nossa atenção em recursos laboratoriais. Pensamos em demonstrações e experimentos, e freqüentemente nos esquecemos do poder da imagem e da ilustração. Você já deve ter ouvido alguém dizer que *uma imagem vale mais do que mil palavras*. E é isso mesmo!

É essa enorme capacidade de comunicação da imagem que queremos explorar com você nesta aula. Imaginamos fazer isso entregando para você uma tarefa que iremos discutir mais adiante.

Não vamos tratar de nenhuma teoria de comunicação de massa nem tampouco de Psicologia, pois fugiria completamente ao escopo do nosso curso. Por outro lado, o nosso objetivo não é preparar um comercial para o rádio ou para a TV, em que queremos vender um produto para uma audiência desmotivada. Embora possamos encontrar algumas semelhanças entre a atividade do professor e a de um profissional de *marketing*, o nosso objetivo aqui é muito mais simples: queremos usar a imagem como um facilitador do binômio ensino-aprendizado.

Você já deve ter concluído que um livro-texto de Física, de boa qualidade, tem uma boa seleção de ilustrações, sob a forma de figuras, fotografias, gráficos etc. Essas ilustrações são fundamentais para o bom entendimento do texto. Da mesma forma que uma aula, em linguagem escrita (como a nossa, por exemplo), requer o apoio de ilustrações, podemos dizer que o mesmo vale para uma aula presencial.

Talvez você possa estar pensando na seguinte questão: "Como posso aprender a ilustrar uma aula? "A resposta é simples: praticando. Por esse motivo daremos uma atenção especial aos meios – ou *mídias*, para usar uma palavra mais em voga – e às oportunidades.

RECURSOS AUDIOVISUAIS

É muito provável que, enquanto você estiver lendo esta aula, alguma novidade na área de tecnologias de comunicação surja. Talvez o mesmo esteja acontecendo conosco, agora mesmo, enquanto escrevemos este parágrafo. O futuro que está se delineando é o de grandes e rápidos avanços na tecnologia. É fundamental para o professor estar atento a estes desenvolvimentos porque é certo que eles vão transformar a escola e a sala de aula. Tudo indica que, num futuro próximo, a sala de aula seja uma sala de *multimeios* (ou *multimídia*) no que diz respeito aos recursos

de comunicação do professor com seus alunos. O indicador relevante da rapidez desta evolução pode ser observado na queda dos preços dos equipamentos audiovisuais.

Se você já está um pouco informado sobre recursos audiovisuais que a indústria está disponibilizando ao público em geral, deve perceber o quão infrutífero será tentar esgotar o assunto nesta aula. Vamos abordar apenas os recursos mais difundidos e suas aplicações.

A fotografia – a câmera fotográfica e o *scanner*

Podemos dizer que uma câmera fotográfica é, atualmente, um produto muito acessível para uma grande parcela de nossa população e com mais certeza o é para um professor de Física. Dada as enormes aplicações da fotografia no ensino, consideramos a câmera fotográfica como um instrumento de trabalho indispensável para o professor de qualquer área. Se você ainda não tem uma, este é o momento para planejar a sua aquisição. Hoje em dia, a tecnologia dominante é a digital, e prevemos, para um futuro breve, a obsolescência inevitável do filme fotográfico. Uma das vantagens da fotografia digital é a sua fácil comunicação com o computador pessoal, o PC, e este é, por sua vez, uma ferramenta audiovisual muito poderosa, não é mesmo?

Figura 9.1: A foto mostra uma moderna câmera fotográfica digital, para uso amador, modelo Digimax S 500, de 5 MP (*megapixels*, ou 106 *pixels*), fabricada pela Samsung.

Pixel é uma aglutinação das palavras inglesas *picture* e *element*, sendo *pix* a abreviatura adotada para *picture*. *Pixel* é, assim, o menor ponto que forma uma imagem. Isto vale tanto para uma fotografia digital como para uma imagem projetada na tela da sua TV como no monitor de um PC. Os *pixels* são tão pequenos e tão aglutinados que não conseguimos perceber a descontinuidade da imagem. Você pode vê-los na sua TV com auxílio de uma pequena lupa. Numa TV ou num monitor, um *pixel* é subdividido em três minúsculas áreas: azul, verde e vermelho, as três cores primárias que, combinadas adequadamente, permitem reproduzir uma enorme gama de cores. Numa câmera fotográfica digital, por exemplo, um dos parâmetros técnicos relevantes é o número de *pixels* com que uma imagem é gerada. Quanto maior o número de *pixels* por unidade de área, mais detalhes da cena real fotografada poderão ser reproduzidos na imagem, isto é, maior a resolução. Naturalmente, isto tem um preço: quanto maior a resolução alcançada com uma câmera fotográfica, maior o seu preço!

De posse de uma câmera fotográfica, há várias formas de se preparar ilustrações para uma aula:

a) Paisagens do meio ambiente natural ou urbano: na **Figura 9.2**, vemos uma fotografia feita por um dos autores desta aula. A fotografia mostra um sistema de nuvens do tipo *cumulus*, típicas de um dia de verão. A fotografia mostra um fenômeno interessante ao qual se dá pouca atenção: estas nuvens têm uma base relativamente plana e se elevam a partir de uma certa altura comum, até certo ponto bem definida. Essa fotografia serviu para ilustrar uma aula sobre os processos de formação de nuvens, de um curso de Termodinâmica, e só foi possível ser feita porque o professor estava num dia de férias, no lugar certo, na hora certa e com a câmera fotográfica na mão. Esta é nossa primeira mensagem para você: um professor com uma câmera é um produtor privilegiado de recursos audiovisuais. Procure criar um banco pessoal de fotografias para aplicações didáticas. Estando de férias ou a passeio, esteja atento às oportunidades que o ambiente natural pode propiciar. Compartilhe estas descobertas felizes com os seus alunos. Eles vão gostar muito!

Figura 9.2: Vemos nesta fotografia um grupo de nuvens do tipo *cumulus*, típicas de um dia de verão. Separadas como estão, não oferecem indicação alguma de chuva. Vemos que as nuvens se elevam de uma base (altura) comum. Você saberia explicar por quê? Em termos mais gerais, você sabe como as nuvens se formam?

Ao preparar uma aula, pense nos cenários que poderiam ilustrar a sua explanação. Organize atividades para fotografá-los. Um aluno de Licenciatura em Física do Instituto de Física da UFRJ obteve uma fotografia que mostra uma junta de dilatação de um viaduto (**Figura 9.3**). Seu interesse era mostrar exemplos de como o fenômeno da dilatação térmica afeta nossas vidas. Os engenheiros, ao projetarem viadutos e pontes, prevêem uma pequena folga nos encaixes das estruturas para permitir que estas se expandam livremente com as variações térmicas a que estão submetidas. A fotografia foi idealizada pelo autor quando preparava uma aula sobre o fenômeno da dilatação térmica de materiais sólidos. Depois de decidir o que mostrar, ele foi para a rua em busca do cenário ideal. Esta atividade simples deve se integrar de forma permanente à elaboração de suas aulas.

Figura 9.3: A fotografia mostra uma junta de dilatação de um viaduto. Esses pequenos espaços entre as partes de uma estrutura servem para permitir a dilatação. Na dilatação, particularmente de sólidos e líquidos, forças poderosas podem ser desenvolvidas capazes de destruir as estruturas mais resistentes. (Fotos obtidas por Marcos André Germano da Silva, aluno do curso de Licenciatura em Física do Instituto de Física da UFRJ.)

b) Fotografias de material impresso: na **Figura 9.4**, vemos a fotografia de um diamante, feita a partir de um livro de mineralogia, ou seja, é uma fotografia de uma fotografia. Quando conseguiríamos um diamante como o da **Figura 9.4**, num cenário natural, para fotografá-lo? Esta fotografia foi utilizada numa aula sobre propriedades físicas do diamante, que, como você sabe, é um material que possui propriedades excepcionais.

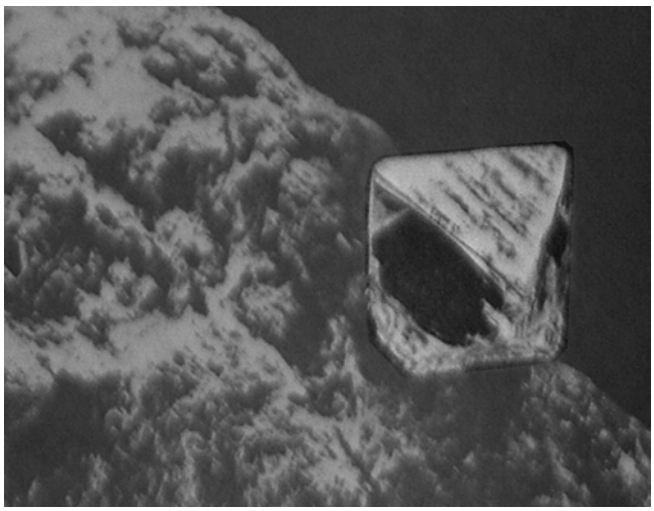


Figura 9.4: O diamante é um dos materiais mais fascinantes criados pela natureza. Seu nome deriva de uma palavra grega que tem o significado de invencível e alude à sua surpreendente dureza e durabilidade. O exemplar da fotografia é um diamante bruto ainda preso na rocha matriz, denominada kimberlito. A forma octaédrica é natural e típica do diamante. Fotografado a partir de uma ilustração do livro *Mineralogia*, de A.V. Milovski e O. K. Kononov, Editorial Mir (Moscou), com auxílio de uma câmera FinePix, S 5000 fabricado pela Fujifilm.

Para uma foto como esta, você precisa de um ambiente bem iluminado e eventualmente de um tripé simples para fixar a câmera. Um tripé portátil é, também, um recurso bastante acessível e pode ser muito útil para aplicações com as câmeras de vídeo.

É possível conseguir ilustrações muito interessantes a partir de fotos e figuras de livros, revistas e jornais. Quando as figuras são pequenas, é possível copiá-las com auxílio de um *scanner*. Se as fotografias que queremos copiar são maiores do que a área útil de um *scanner*, é possível então fotografá-las.

Procure guardar fotos e figuras de revistas e jornais que você considere de interesse para as suas aulas. Posteriormente, fotografe ou reproduza com o *scanner* e armazene os resultados no seu banco de fotografias.

O *scanner óptico* é um dispositivo optoeletrônico criado para digitalizar imagens ou textos impressos, para aplicações com o computador. Podemos dizer que ele realiza uma função inversa à de uma impressora. Trata-se de um dos mais difundidos periféricos de um PC. Existem vários fabricantes e modelos com diferentes características e preços variados. Procure se informar, na internet, sobre os modelos oferecidos pela indústria e suas características técnicas. Uma análise do custo-benefício pode indicar que a aquisição de um *scanner* não é recomendável para um único professor mas, seguramente, pode ser uma aquisição muito útil para uma escola, onde vários professores, e até mesmos os alunos, poderão ter acesso.

Figura 9.5: A foto mostra um *scanner* óptico, modelo PSC 1310, fabricado pela Hewllet-Packard.

c) Fotografias na internet: Na **Figura 9.6**, vemos uma fotografia da galáxia espiral M74 obtida no Observatório Gemini, situado nos Andes chilenos, onde o Brasil tem uma importante participação. Esta fotografia pode ser obtida a partir do site na internet http://www.gemini.edu. Como este, existe uma grande quantidade de *sites* na internet que disponibilizam fotografias livremente, sobre os mais variados temas. Seria muito interessante que você reservasse um pouco do seu tempo para a pesquisa desses recursos na internet.

Figura 9.6: Galáxia espiral M74 obtida no Observatório Gemini, nos Andes chilenos. Fotografias de alta qualidade de objetos astronômicos podem ser obtidas em vários sites da *internet* (consulte o da *The International Astronomic Union* – IAU: http://www. iau.org).

Com essa pesquisa você vai descobrir também que há muitos bancos de fotografias que só podem ser disponibilizadas mediante pagamento aos produtores. E você verá que há um forte atividade comercial envolvendo a imagem. Isto nos leva a lembrá-lo da questão do direito autoral. Muitas fotografias têm direito muito restritivo de exposição pública, isto é, não é possível dispor destas fotografias

livremente. Na maioria dos casos, a apresentação em sala de aula, para fins educativos, é livre. Mas esteja atento a esta questão, particularmente se você planeja alguma atividade além dos muros da escola.

d) Fotografias técnicas: Na **Figura 9.7**, vemos uma fotografia do movimento de queda livre de uma pequena esfera. Esta foto foi obtida com uma câmera comum usando filme fotográfico, em uma única exposição com luz estroboscópica. Um estroboscópio é uma espécie de *flash* que tem a propriedade de piscar numa freqüência definida. Em poucas palavras, podemos explicar o seguinte: numa sala escura, a bolinha é posicionada numa certa altura; a câmera fotográfica fixada previamente num tripé é apontada para o cenário da queda; a luz estroboscópica é apontada para o mesmo cenário. Um operador aciona o obturador da câmera, mantendo-o aberto. A luz estroboscópica é acionada e a bolinha é solta. Toda vez que a luz estroboscópica pisca, ilumina a bolinha, e sua posição é registrada no filme. Terminada a queda, o obturador da câmera é fechado e a luz estroboscópica é desligada. O resultado é o que você pode apreciar na **Figura 9.7**:

Figura 9.7: Fotografia do movimento de queda livre de uma pequena esfera, obtida com luz estroboscópica. Foi utilizada uma câmera fotográfica Zenit, modelo 12XP (objetiva de 58mm), com filme 35mm, colorido, de ASA 400. Esta foto foi obtida por alunos da disciplina Instrumentação para o Ensino de Física do curso de Licenciatura em Física da UFRJ.

Esse tipo de foto, que estamos chamando de técnica, pode ser usado tanto para ilustrar o movimento de queda livre como também para medidas quantitativas. Como a posição da bolinha é registrada fotograficamente em intervalos de tempo fixos (este intervalo é o inverso da freqüência da luz estroboscópica), vemos facilmente que a bolinha em queda livre não percorre espaços iguais em tempos iguais. O movimento é nitidamente acelerado.

Podemos estudar a e*quação horária* do movimento da bolinha simplesmente medindo a sua posição na **Figura 9.7**, com auxílio de uma régua. Observe o resultado dessas medidas na **Figura 9.8**. Concluímos que a posição varia com o quadrado do tempo de queda (linha contínua), indicando que se trata de um movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV), isto é, com aceleração constante. De posse dessa foto, uma atividade prática como esta poderia ser facilmente realizada com os seus alunos. A partir da fotografia original, você poderia obter várias cópias do tipo xerox e distribuí-las a seus alunos, solicitando-lhes que construam uma tabela *posição x tempo*, completando com a construção do gráfico. Você saberia propor uma maneira de analisar o gráfico, de forma a se concluir que a dependência da posição é com o quadrado do tempo? Observe que, para se concluir este fato, não é necessário conhecer a distância percorrida pela bolinha em verdadeira grandeza e nem tampouco qual a freqüência utilizada no estroboscópio. Você saberia explicar o porquê?

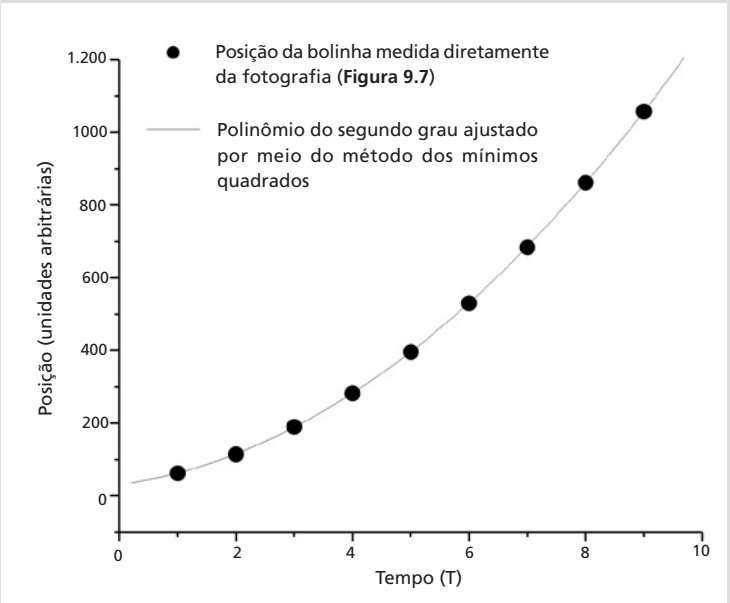


Figura 9.8: Gráfico da coordenada vertical (*y*) da bolinha em função do tempo (t). A posição y da bolinha foi determinada a partir de uma origem arbitrária usando-se um sistema de unidades arbitrário. O tempo associado à cada posição foi medido em unidades do período de pulsação (*T*) da luz estroboscópica, isto é, $t = n.T$, onde n é um número inteiro. O período (*T*) é o inverso da freqüência (*f*) ajustada para a luz estroboscópica. Como se trata de um movimento de queda livre, a coordenada *y* deve satisfazer a relação: $y = y_o + v_o.t + ½.g.t^2$, isto é, um polinômio de segunda ordem em *t*. A análise foi feita ajustando-se um polinômio de segunda ordem em *t* aos dados experimentais, por meio do *método dos mínimos quadrados*. O gráfico mostra que o polinômio se ajusta perfeitamente aos dados experimentais, confirmando a hipótese anterior.

Na **Figura 9.9**, vemos um outro exemplo de fotografia feita com luz estroboscópica. Neste exemplo, fotografamos uma colisão de dois discos que se movimentam sobre uma *mesa de ar*. Uma *mesa de ar* é um dispositivo semelhante a um trilho de ar. Você já deve ter trabalhado com um *trilho de ar* em suas aulas de Física experimental. A mesa de ar permite que pequenos discos de plástico sejam lançados sobre a sua superfície e deslizem sobre uma fina camada de ar, praticamente sem atrito. Como no trilho, a camada de ar é proporcionada por um compressor de ar.

Para se obter a fotografia, a câmera é posicionada a uma certa distância, sobre a mesa, junto com o estroboscópio. O obturador da câmera é aberto, o estroboscópio é acionado e os discos são lançados. O resultado é o registro fotográfico de uma colisão.

Com a mesa de ar cuidadosamente colocada na horizontal, a resultante de forças sobre cada disco é nula. Sabemos das Leis de Newton que, nessas condições, a quantidade de movimento (P) total deve se conservar:

$$P_1(\text{antes da colisão}) + P_2(\text{antes da colisão}) = P_1(\text{depois}) + P_2(\text{depois}) \quad (1)$$

onde $P_1 = m_1.v_1$, $P_2 = m_2.v_2$, *m* representa a massa e v a velocidade dos respectivos discos.

Conhecendo-se a massa dos dois discos e de posse da fotografia mostrada na **Figura 9.9**, não só podemos ilustrar o movimento de colisão como podemos verificar quantitativamente a relação de conservação (1). Você saberia explicar como? Note que a relação (1) é uma relação vetorial!

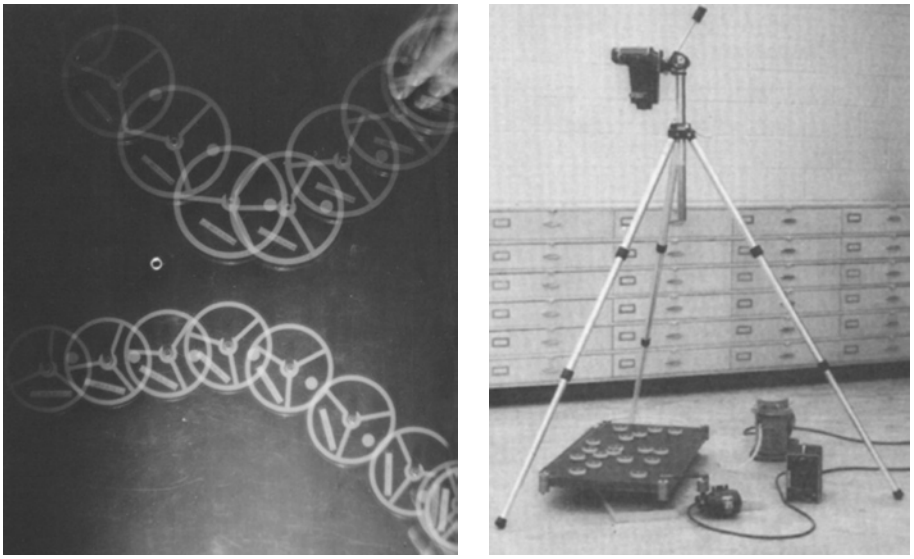


Figura 9.9: A fotografia mostra a colisão entre dois discos que se movimentam sobre uma *mesa de ar*, colocada na horizontal, feita com luz estroboscópica. A foto menor mostra detalhes de uma antiga mesa de ar fabrica pela Ealing Corporation (EUA). Vemos um tripé suportando uma câmera fotográfica, acima da mesa de ar. Sobre a mesa estão vários discos usados nas experiências.

!

Conhecemos uma outra conseqüência das Leis de Newton aplicada ao movimento registrado na **Figura 9.9**. Esta outra conseqüência está intimamente relacionada à equação (1). A resultante das forças externas ($R_{externas}$) aplicadas ao sistema, formado pelos dois discos, é igual ao produto da massa total ($m_1 + m_2$) multiplicado pela aceleração do centro de massa do sistema (a_{cm}): $R_{externas} = (m_1 + m_2).a_{cm}$. Como a resultante das forças externas é zero (mesa na horizontal, sem atrito), concluímos que a aceleração do centro de massa é nula. Como conseqüência, concluímos que o centro de massa (CM) deve executar um movimento retilíneo uniforme (MRU)! Como você deve se lembrar, para um sistema bidimensional, as coordenadas *x* e *y* do CM são dadas por:

$x_{cm} = (m_1.x_1 + m_2.x_2)/(m_1 + m_2)$ e $y_{cm} = (m_1.y_1 + m_2.y_2)/(m_1 + m_2)$.

Na **Figura 9.10**, mostramos a posição do CM, calculada em cada instante de tempo. Vemos claramente que o movimento do centro de massa é uniforme, seguindo uma mesma linha reta, antes e depois da colisão! Você saberia explicar como a posição do CM dos dois discos foi determinada para cada instante de tempo? Uma nota interessante é que toda essa análise foi feita por alunos do Ensino Médio, do projeto Jovens Talentos para a Ciência (CECIERJ), que estagiaram no Instituto de Física da UFRJ.

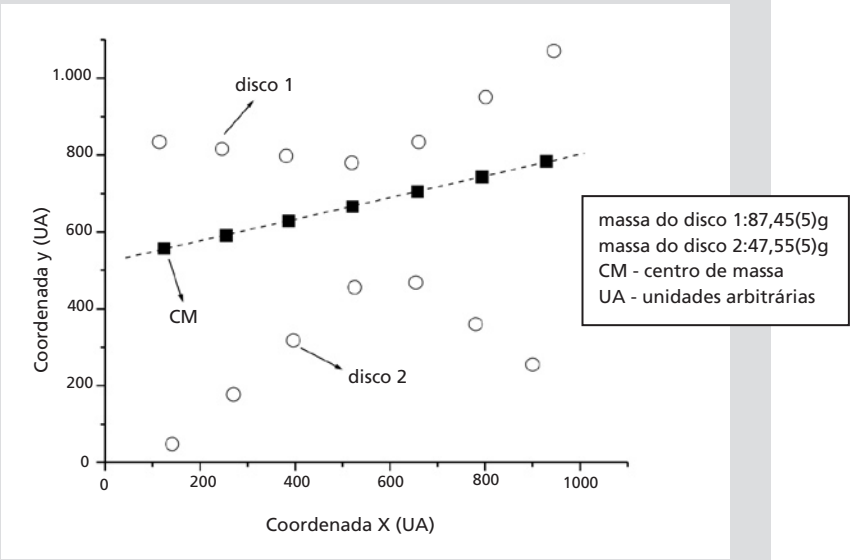


Figura 9.10: Se tomamos eixos cartesianos *x* e *y* segundo os lados da **Figura 9.8**, podemos determinar as coordenadas do centro geométrico dos discos em cada instante. A partir das coordenadas (*x, y*) de cada disco, a cada instante, e de suas respectivas massas, podemos calcular as coordenadas (x_{cm},y_{cm}) do *centro de massa* do sistema formado pelos dois discos, a cada instante de tempo. Nesta figura, vemos a trajetória dos discos e do centro de massa do sistema. Este resultado comprova uma importante previsão da dinâmica de um sistema de partículas: *se a resultante das forças externas aplicadas a um sistema de partículas é nula, o centro de massa do sistema de partículas se desloca em movimento retilíneo uniforme.*

As **Figuras 9.7** e **9.9** exigem técnica e alguns acessórios especiais que não são muito fáceis de serem obtidos. Não fique preocupado em como produzi-las, pois fotografias técnicas como estas podem ser conseguidas na internet, em livros ou mesmo entrando em contato com instituições de ensino. Entretanto, com um pouco de criatividade é possível produzir fotografias técnicas com um mínimo de recursos. A **Figura 9.11** ilustra o que estamos comentando. Esta fotografia, do céu noturno, mostra o movimento aparente das estrelas. A foto é composta por uma série de arcos luminosos, concêntricos, que têm como centro comum o *pólo sul celeste*. Os arcos são formados pelo movimento aparente das estrelas que impressionam um filme, numa câmera fotográfica fixa num tripé, com o obturador permanentemente aberto. Esta fotografia pode ser utilizada numa aula dedicada, por exemplo, à Terra e seus movimentos no espaço.

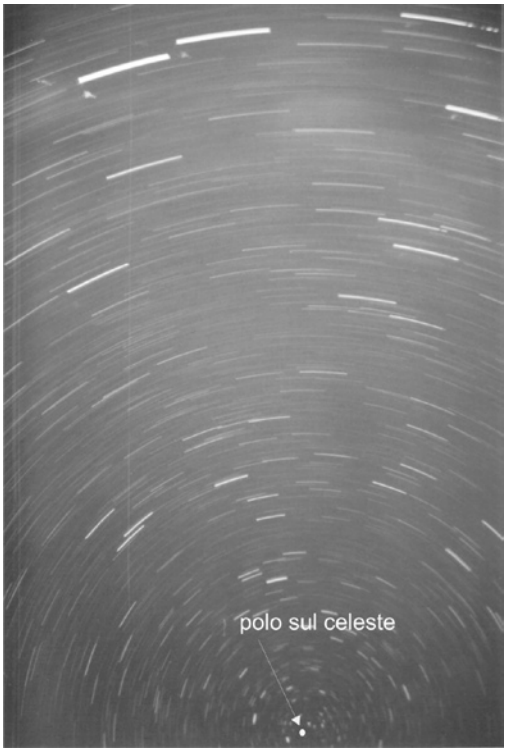


Figura 9.11: Fotografia do céu noturno. Uma câmera fotográfica Zenit, modelo 12XP (objetiva de 58mm), com filme 35mm, colorido, de ASA 400, foi fixada sobre um tripé e apontada na direção do *pólo sul celeste*. O obturador da câmera foi mantido aberto por um certo intervalo de tempo, permitindo que se registrasse continuamente o movimento aparente das estrelas no firmamento. Cada arco foi produzido por uma estrela diferente e suas intensidades são diferentes porque suas magnitudes são diferentes. Muitos dos arcos registrados na foto foram produzidos por estrelas que não são visíveis a olho nu! Esta foto é bastante ilustrativa do movimento de rotação da Terra e permite boas discussões em sala de aula. Se você quiser mais informações sobre como obter uma fotografia como esta, entre em contato com a coordenação do curso Instrumentação para o Ensino da Física I. O texto, a seta e o pequeno ponto indicando a posição aproximada do pólo sul celeste foram feitos com auxílio do programa CorelDraw, da Corel Corporation. Uma pergunta: você saberia estimar quanto tempo levou para se fazer esta foto?

O melhor método de se apresentar uma imagem para a turma é projetando-a sobre uma tela ou uma parede. Como você sabe, o recurso mais utilizado até bem pouco tempo atrás era o projetor de *slides* (**Figura 9.12.a**). Com o advento da tecnologia digital, este sistema está em vias de desaparecer. Muito embora você ainda possa contar com estes projetores em algumas escolas, a dificuldade fica em se conseguir as imagens de interesse sob a forma de *slides* fotográficos. O sistema que está prevalecendo é o projetor de imagens digitalizadas, o *datashow* (**Figura 9.12.b**). Este dispositivo permite a projeção de uma imagem, armazenada como um arquivo eletrônico, diretamente de um

computador. Por questões operacionais – transporte do sistema entre salas de aula – em geral o computador utilizado é do tipo *notebook*. O *datashow* é ainda um dispositivo caro e de manutenção onerosa, mas esta situação está mudando.

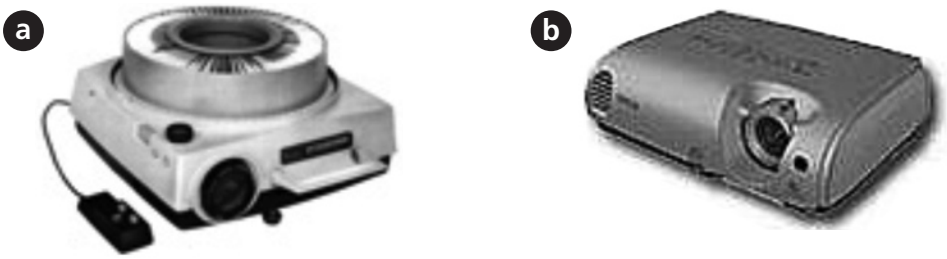


Figura 9.12: a) Projetor de *slides* da Kodak, não mais fabricado; **b)** Um *datashow*, modelo S4, fabricado pela Epson.

!

Provavelmente, você já assistiu a uma aula, uma palestra ou um seminário em que um *datashow* foi utilizado e provavelmente também tenha se encantado com o enorme potencial de comunicação de que este equipamento dispõe. Os *slides*, em formato de arquivo eletrônico, podem conter texto, desenhos e fotografias coloridas, com fundos e molduras a critério da criatividade do autor. Um dos programas principais para a criação de uma apresentação com o *datashow* é o PowerPoint da Microsoft, que oferece uma grande variedade de ferramentas de criação. Para a plataforma Linux, o OpenOffice oferece aplicativo equivalente. Não é nossa intenção explorar estes aplicativos nesta aula, dadas as inúmeras considerações técnicas que seriam necessárias; tal empreitada exigiria um curso especificamente preparado para isto. Entretanto, gostaríamos de alertá-lo sobre a importância de se adquirir um pouco de prática no uso desse equipamento em face da sua crescente difusão no sistema educacional. Se você tiver interesse em conhecer um pouco mais sobre este assunto, entre em contato com a coordenação da disciplina Instrumentação para o Ensino da Física I.

Algumas câmeras fotográficas podem ser ligadas diretamente a aparelhos de televisão por meio da entrada de vídeo. Ao escolher uma câmera fotográfica, fique atento a esta opção. A maioria das escolas ainda não dispõe de um *datashow*, mas grande parte delas já possui aparelhos de TV!

Fotografias podem ser impressas diretamente sobre *transparências* e apresentadas em sala de aula com auxílio de um retroprojetor (este, também, um equipamento que a maioria das escolas possui). São transparências fabricadas especialmente para impressoras do tipo *jato de tinta* (que permite a impressão em cores) ou impressoras a *laser* (para impressão em branco-e-preto, com alta definição). Essas transparências são um pouco mais caras que as comuns.

Uma das vantagens das fotografias digitais é a de que elas podem ser editadas. Você pode retocar as imagens, acrescentar textos ou legendas, símbolos, balizas e desenhos. Esta edição é feita no PC, por meio de programas especiais. Existem vários programas no mercado, desde os mais simples até os mais sofisticados, com recursos poderosos. Nossa segunda mensagem para você é a de que é extremamente importante que aprenda a trabalhar com um destes programas. Comece com os mais simples (como exemplo, podemos citar o Paint, da Microsoft) e vá progressivamente aprendendo os mais complexos. Há uma extensa literatura que pode ajudá-lo nesta tarefa.

A técnica fotográfica envolve muitos conhecimentos teóricos e práticos que não são conhecidos da maioria dos fotógrafos amadores. Num primeiro momento, não é necessário que você se preocupe muito com isto, mas, à medida que você avance nesta área, seria muito útil que você dedicasse um pouco da sua atenção ao estudo da técnica fotográfica. Um pouco de conhecimento técnico vai melhorar muito a qualidade das suas fotografias. Existem bons livros de técnicas fotográficas para leigos em geral, que podem ser usados por você. Na biblioteca do seu pólo, você vai encontrar alguns exemplares.

Um detalhe importante sobre a técnica fotográfica é que ela envolve muitos conhecimentos de Física, particularmente de óptica geométrica e óptica física. Procure envolver seus alunos em seus trabalhos de fotografia. Você vai encontrar várias oportunidades para discutir Física com eles! Um momento particularmente proveitoso são as feiras de ciência e as mostras de fotografia que podem ser organizadas por você em sua escola.

O vídeo – câmeras de vídeo

As modernas câmeras de vídeo digitais (CVD) constituem uma dessas notáveis evoluções tecnológicas de grande repercussão na área do ensino (ver **Figura 9.13**); vieram para substituir as filmadoras, que operam com filmes fotográficos. Como você sabe, as vantagens são enormes. Uma delas é a de que as CVD são muito mais acessíveis que as filmadoras e todo o processo de produção de um vídeo é mais simples do que a produção de um filme cinematográfico. Basta você pensar nas dificuldades para se revelar um simples filme cinematográfico: o processo é caro, e são poucos os laboratórios comerciais disponíveis.

Figura 9.13: A foto mostra uma moderna câmera de vídeo digital, modelo Hi-8 CCD-TRV138, fabricada pela Sony.

Atualmente, algumas câmeras de vídeo competem em preço com as câmaras fotográficas. Entre as vantagens de uma CVD, podemos destacar a de que elas, em geral, incorporam recursos fotográficos, isto é, podem ser usadas também como câmeras fotográficas e os vídeos produzidos podem ser apresentados diretamente numa TV, que é um recurso encontrado na maioria das escolas. A desvantagem em relação à câmera fotográfica é a de que, em geral, uma fotografia obtida com uma CVD não atinge o grau de qualidade, em cor e resolução óptica, de uma câmera fotográfica.

Assim como podemos ilustrar uma aula com fotografias, podemos usar vídeos de pequena duração feitos com uma CVD. Uma aplicação interessante é a possibilidade de se gravar a realização de experimentos simples, que pode ser feita pelo próprio professor em ambiente domiciliar ou na própria escola. Sob certas condições, esses vídeos podem substituir as próprias demonstrações com vantagens: considere, por exemplo, o fato de que o vídeo pode ser reapresentado várias vezes!

Da mesma maneira que as fotografias, os vídeos digitais podem ser editados num PC com auxílio de certos programas. Entretanto, esses programas são mais complexos do que programas para edição de fotografias. Em geral, para trabalhar com edição de vídeos, é necessário

formação técnica específica. Se você estiver interessado neste assunto, mais uma vez sugerimos que entre em contato com a coordenação da disciplina Instrumentação para o Ensino de Física I.

Se por um lado você pode fazer muita coisa *com uma CVD na mão e uma idéia na cabeça*, lembre-se de que muito material educativo, sob a forma de vídeos, pode ser obtido em instituições públicas e privadas dedicadas ou que tenham programas de apoio ao ensino. Existem tantos recursos disponíveis nesta área que não seria pedagogicamente aceitável não aproveitá-los.

Uma fonte interessante de recursos audiovisuais são as emissoras de televisão educativas, tais como a TV Escola e o canal Futura. Estas emissoras possuem uma intensa programação educacional, para diversas áreas do conhecimento, que pode ser gravada livremente e, posteriormente, reproduzida em sala de aula. Alguns outros canais do sistema a cabo são também importantes por sua programação dedicada à ciência e à tecnologia como, por exemplo, o National Geographic e o Discovery. Para a gravação de programas de TV, a tecnologia dominante é o DVD. O sistema de gravação anterior, em fitas magnéticas (videocassete), praticamente desapareceu, resultado da rápida evolução da tecnologia digital. Novamente, uma análise do custo-benefício pode indicar que a aquisição de um aparelho para gravação em DVD não seja recomendável para um professor, mas, certamente, pode ser indicado para uma escola. Entretanto, lembre-se de que esses equipamentos tendem a ficar cada vez mais acessíveis.

Muitos vídeos educativos, que podem ser bem aproveitados em sala de aula, foram também produzidos para o público em geral e podem ser adquiridos pela escola, ou mesmo pelo professor, em livrarias e bancas de jornal. Sugerimos a você que fique atento aos lançamentos que as editoras e produtoras de vídeo fazem todos os anos.

Como notas finais, gostaríamos de comentar as seguintes questões:

Uma aplicação eficiente do vídeo como recurso audiovisual requer um bom planejamento. A seleção dos vídeos requer um conhecimento prévio do material disponível nas diversas fontes e uma integração adequada com os temas a serem abordados. Esse planejamento deve ser paulatino, na medida em que requer uma resposta dos alunos. Guardadas as devidas proporções, é algo parecido com o que fazem as emissoras

de televisão quando planejam a sua programação anual levando em conta índices de audiência. Um bom planejamento tem a vantagem de ser permanente, isto é, pode ser aplicado em anos subseqüentes, incorporando avanços e melhorias de uma maneira funcional.

Lembre-se de que o vídeo, como recurso audiovisual, além de ser um facilitador do aprendizado, deve também estimular o debate e a discussão livre, em sala de aula. Isso requer do professor um estudo prévio detalhado de todo o material selecionado.

Da mesma forma que temos fotografias que nos permitem analisar quantitativamente um fenômeno físico, assim também temos vídeos que nos permitem tais aplicações. Para que você possa conhecer algumas dessas aplicações, vamos disponibilizar na plataforma do CEDERJ alguns vídeos com pequenos textos explicativos. Você vai receber informações sobre como proceder com o seu tutor presencial.

Além da CVD, existem várias possibilidades de integração de pequenas câmeras de TV com o computador do tipo PC para a produção de pequenos vídeos educativos. Entre essas câmeras estão as chamadas *webcams*, utilizadas para a comunicação interpessoal, via internet, e que você seguramente já conhece. Uma das vantagens destas câmeras é o seu preço: são muito acessíveis. Sua desvantagem principal é sua baixa resolução em comparação com as CVD. Vários trabalhos publicados em revistas dedicadas ao ensino tratam de aplicações das câmeras de TV com o PC. Vamos ter a oportunidade de indicar algum material para a sua leitura.

As transparências e o retropojetor

O sistema retroprojetor-transparências (SRT) é provavelmente o equipamento mais simples à disposição do professor para ilustrar suas aulas (**Figura 9.14**). Todo o material aqui envolvido é bem conhecido de você, não é mesmo? É um equipamento simples, de fácil utilização e manutenção, e muito difundido nas nossas escolas. Por outro lado, lamentavelmente, constatamos que é pouco utilizado pelos professores!

Figura 9.14: Modelo típico de retroprojetor.

Com o SRT você pode optar por substituir integralmente o quadro-negro para apresentar a sua aula ou preparar apenas algumas transparências com as ilustrações mais importantes. Essa questão vai depender um pouco de como os seus alunos reagem a esta forma de comunicação e da dinâmica em que a aula transcorre.

Você pode também preparar suas transparências a mão, usando canetas hidrográficas apropriadas (em diversas cores e espessuras de traço) ou prepará-las com o auxílio de um editor de texto no PC e, posteriormente, imprimi-las diretamente sobre transparências especiais, seja com uma impressora *jato de tinta* ou *laser*, seja por meio de um serviço de cópias. Com o editor de texto você pode incluir, além de texto, fotos, gráficos e desenhos coloridos, com uma grande flexibilidade de criação. Veja que, com isso, aumenta ainda mais em importância um bom domínio, por parte do professor, dessas ferramentas do PC!

COMENTÁRIOS FINAIS

Falamos em nossa aula dos recursos audiovisuais. Afora os exemplos citados de vídeos que correspondem a produções profissionais, como os documentários, reportagens etc., quase não demos atenção ao áudio, ao som. Você saberia dar um exemplo de um recurso puramente auditivo? Pense, por exemplo, no que poderia fazer com um gravador de som.

Veja que ilustrar uma aula com fotos, gráficos e desenhos não necessariamente tornará a aula didática e atraente para os seus alunos. Somente uma interação inteligente e planejada entre a ilustração e o conteúdo pode garantir o sucesso de uma aula. Para adquirir esta sensibilidade de comunicação, você terá de praticar! Não existem

fórmulas rígidas, consagradas – o conhecimento vem com o tempo. Se você não praticar com regularidade o uso dos recursos audiovisuais, jamais adquirirá essa sensibilidade. Isso nos leva a comentar, por fim, que o mais simples recurso visual disponível para o professor, o velho e sempre presente quadro-negro, é e será ainda por um bom tempo uma importante ferramenta de comunicação, que necessita, como todas as outras, de um uso planejado.

ATIVIDADE FINAL

Inicialmente, procure responder às perguntas que se seguem. Elas vão nos ajudar a conhecê-lo um pouco mais.

Você possui uma câmera fotográfica? Uma câmera de vídeo? Qual a marca e modelo? Que experiência você tem com fotografias? E com o vídeo?

Você possui um computador? Informe suas características principais (processador, periféricos, sistema operacional etc.).

Você tem alguma experiência na utilização de programas de edição e tratamento de imagens? Quais?

Você tem alguma experiência na utilização do *datashow*? Na utilização do PowerPoint ou similar?

Nesta atividade, você vai preparar recursos visuais para uma aula simples, de curta duração (estimativa de trinta minutos de exposição). Primeiramente, escolha a área, o tema e o livro-texto que servirá de base para a preparação da aula. Discuta sua escolha com os seus colegas para que não haja superposição.

- Indique a área selecionada entre as opções abaixo:

☐ Mecânica

☐ Óptica

☐ Eletricidade e Magnetismo

☐ Termodinâmica (Termologia e Calor)

- Informe o livro-texto. Faça a sua escolha em função dos exemplares disponíveis na biblioteca do seu pólo. Consulte também a relação geral de livros de referência do curso Instrumentação para o Ensino da Física I.

Titulo: _____

Autores:_____

Editora: _____

- Informe o tema da aula. Consulte o livro-texto que você selecionou:

Capítulo: _____

Seção: _____

Por simplicidade, vamos adotar como o tema da aula o assunto abordado em uma seção do capítulo escolhido por você. Leia com atenção o texto escolhido. Procure fazer uma revisão mais aprofundada da matéria, nos livros usados por você no seu curso. Sinta-se livre para estruturar a sua aula.

Apresente o seu plano de aula comentado. Que elementos motivadores você poderia apresentar para os seus alunos a respeito do tema proposto? Quais os objetivos formais (e informais) que você gostaria de alcançar? Faça uma relação das leis, conceitos e equações que serão explorados. Em que medida as orientações do PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio) estão sendo seguidas no seu planejamento?

Faça uma seleção de algumas ilustrações (fotos, gráficos, desenhos etc.) para a sua aula e comente suas escolhas. Faça a sua seleção em jornais, revistas, livros e na internet e informe a procedência de cada uma. Informe que cenários você poderia fotografar pessoalmente para serem utilizados em sua aula e justifique a sua escolha.

Prepare uma ou no máximo duas transparências para ilustrar a sua aula.

Para complementar este trabalho, queremos que você faça uma pesquisa de mercado e responda às seguintes questões:

Suponha que o diretor de sua escola solicitou a você a marca e o modelo de um gravador de DVD para ser adquirido para a escola. A escola possui uma TV com antena parabólica e o diretor quer dar aos professores a possibilidade de gravarem programas de interesse educacional. Qual seria a sua escolha? Não deixe de informar o preço!

Faça uma pesquisa sobre locais onde você possa conseguir vídeos educacionais. Informe o nome de pelo menos duas instituições, ou empresas, as condições de empréstimo às escolas e a natureza do acervo.

Referências

BRAGA, Newton C. *Curso básico de eletrônica*. São Paulo: Saber, 2001. 272 p.

_____. *Fontes de alimentação*. São Paulo: Saber, 2001. 240 p.

GRUPO de Reelaboração do Ensino da Física. *Física 3*: eletromagnetismo 7. ed. São Paulo: Edusp, 2001.

BARROS, S. S. Pontas de prova, desafio para o professor. *Caderno da 2ª Escola de Verão da Sociedade Brasileira de Físicas,* Sociedades Brasileiras de Física, São Paulo, 1999.

BRUNER, J. *Toward a Theory of Instruction*. Cambridge: Harvard University Press, 1960.

_____. *The Process of Education*. Cambridge: Harvard University Press, 1968.

FILIPECKI, A. T.; BARROS, S. S. Uma nova estratégia para o laboratório de Física no 2º grau: elaboração de vídeos pelos estudantes. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2., 1999, Valinhos, SP. *Atas do 2º ENPEC*. Campinas, SP: ENPEC, 1999.

GUNSTONE, R.; WHITE, R. *Probing understanding*. London: The Falmer Press, 1992.

NEDELSKY, L. *Science teaching and Testing*. New York: Harcourt, Brace and World, 1965.

PHYSICAL SCIENCE STUDY COMMITTEE (PSCC). *Física*. São Paulo: Funbec/Edart, 1970. Volumes 1 a 4 e guias do professor.

PROJETO DE FÍSICA (Projeto HARVARD). *Guia do professor*. Trad. Maria Odete Valente (Coord.). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkan, 1978.

PROJETO ENSINO DE FÍSICA. *Mecânica, Eletricidade e Eletromagnetismo*. Brasília, DF: MEC, 1980.

SAAD, F. D.; PIMENTEL, C. A. *Atividade experimental ao nível de 1º e 2º graus*: o laboratório circulante. São Paulo: Reprint IFUSP, 1979.

_____. *Laboratório circulante de física*: uma nova dimensão para o ensino experimental. Rio de Janeiro: SNEF, 1979. Atas do IV SNEF.

SOARES, V. O. *O laboratório no ensino médio*. São Paulo: Sociedades Brasileiras de Física, 1977.

Aula 5

ALVARENGA, Beatriz; LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da . *Física básica*. São Paulo: Scipione, 1997.

NUSSENZVEIG, Herch Moyses. *Curso de física básica*. 4. ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2002. v. 1: Mecânica.

SILVEIRA, J. F Porto da. O número PI. Rio Grande do Sul: IM/Ufrgs. Disponível em: <http://www.mat.ufrgs.br/~portosil/aplcom1a.html>. Acesso em: 5 jan. 2007.

Aula 7

ALVARENGA, Beatriz; LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da. *Física básica*. São Paulo: Scipione, 1997.

VUOLO, Jose Henrique. *Fundamentos da teoria dos erros*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1996. 249p.

ISBN 978-85-7648-363-2

UENF
Universidade Estadual
do Norte Fluminense

UERJ
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Universidade Federal Fluminense
uff

Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro

UNIRIO

FAPERJ
Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo
à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro

GOVERNO DO
Rio de Janeiro
SECRETARIA DE
CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Ministério
da Educação

BRASIL
UM PAÍS DE TODOS
GOVERNO FEDERAL